PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS E TERRESTRES, ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI, CANDIOTA, RIO GRANDE DO SUL

RELATÓRIO FINAL – ANO 2022/2023

Companhia de Geração e Transmissão de Energia Elétrica do Sul do Brasil (CGT Eletrosul)
CONTRATO Nº 4500048992
(NFC DAUT-0013/22 – Termo Aditivo Epistolar 13.303/16)

Janeiro - 2024

PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS E TERRESTRES, ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI, CANDIOTA, RIO GRANDE DO SUL

RELATÓRIO FINAL – ANO 2022/2023

Companhia de Geração e Transmissão de Energia Elétrica do Sul do Brasil (CGT Eletrosul)
CONTRATO Nº 4500048992
(NFC DAUT-0013/22 – Termo Aditivo Epistolar 13.303/16)

Janeiro - 2024

EQUIPE DE TRABALHO

Biólogo Dr. ALEXANDRE ARENZON
Veterinária AMANDA DIAS DE OLIVEIRA
Químico Dr. ANDRÉ ABREU MARTINS
Biólogo CARLOS EDUARDO GÜNTZEL
Bióloga Dra. CAROLINA TRINDADE PERRY
Bióloga Dra. CATARINA DA SILVA PEDROZO
Bióloga DANIELA DE CARVALHO LEITE RIBEIRO
Geólogo. Dr. FÁBIO HERBERT JONES
Biólogo Dr. FÁBIO SILVEIRA VILELLA
Biólogo Dr. JAN KAREL FELIX MAHLER JUNIOR
Biólogo Dr. JORGE SEBASTIÃO BERNARDO SILVA
Bióloga Me. LETÍCIA ROSA FRIZZO
Biólogo LISANDRO BECKER
Químico LUCAS CARVALHO DA SILVEIRA
Logística Amostral MARCELO SARAIVA
Farmacêutica Bioquím. MARIA JOSÉ CECÍLIA CARDOSO
Geólogo Dr. NELSON AUGUSTO FLORES MACHADO
Historiadora Me. PAULA DOS SANTOS FLORES
Biólogo Dr. PAULO LUIZ DE OLIVEIRA
Biólogo Me. ROGÉRIO BOTH
Secretária SÔNIA MARIA MADALOSSO
Bióloga Me. SUZANA FAGONDES DE FREITAS
Técnica em Meio Ambiente VERA ARAÚJO DE SOUZA
Veterinária Dra. VERÔNICA SCHMIDT
Bacharelanda em Biologia VIVIAN GUERRA RODRIGUES
Auxiliar de Campo VOLMAR GARCEZ DE MORAIS

RESUMO

A Fundação Luiz Englert apresenta o "Relatório Final" referente ao período de outubro de 2022 a setembro de 2023 do "Programa de Monitoramento de Bioindicadores Ambientais, Aquáticos e Terrestres, Águas Superficiais e Subterrâneas, na Região de Influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota, Rio Grande do Sul". Este relatório está em conformidade com o estipulado na "NFC DAUT-0013/22", datada de 04/10/2022, e corresponde ao Termo Aditivo Epistolar 13.303/16, conforme especificações do CONTRATO Nº 4500048992, firmado entre a Companhia de Geração e Transmissão de Energia Elétrica do Sul do Brasil - Eletrobras CGT Eletrosul e a Fundação Luiz Englert, em 28.09.2021.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Localização das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Aquático 44
Quadro 2: Parâmetros analisados nas Águas Superficiais 46
Quadro 3 - Especificações técnicas para a preservação de amostras de água superficial 47
Quadro 4 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de Água Superficial. 48
Quadro 5 - Parâmetros analisados, preservação e prazo de encaminhamento das amostras coletadas 48
Quadro 6 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de águas superficiais 49
Quadro 7 - Parâmetros e ponderações utilizados para a determinação do IPMCA 51
Quadro 8 - Parâmetros constantes do IQA 52
Quadro 9 - Faixas de Qualidade de água - CETESB 53
Quadro 10 - Resultados analíticos das variáveis físicas e químicas realizadas nas amostras coletadas em novembro de 2022 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota 54
Quadro 11 - Resultados analíticos das variáveis físicas e químicas realizadas nas amostras coletadas em fevereiro de 2023 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota 55
Quadro 12 - Resultados analíticos das variáveis físicas e químicas realizadas nas amostras coletadas em maio de 2023 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota 56
Quadro 13 - Resultados analíticos das variáveis físicas e químicas realizadas nas amostras coletadas em agosto de 2023 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota 57
Quadro 14 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em novembro de 2022 58
Quadro 15 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em fevereiro de 2023 59
Quadro 16 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em maio de 2023 59
Quadro 17 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em agosto de 2023 60
Quadro 18 - Resultados dos ensaios de toxicidade realizados com organismos-testes de três diferentes níveis tróficos quando expostos as amostras de águas superficiais coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS no período de novembro/2022 a agosto/2023 73
Quadro 19 - Pesos atribuídos aos efeitos ecotoxicológicos para a definição do índice de toxicidade aplicado nas avaliações da toxicidade das amostras de águas superficiais. 74
Quadro 20 - Médias do índice de toxicidade (em uma escala de 0 a 9), e frequência de ocorrência de toxicidade, observado nas amostras de águas superficiais coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS. 75
Quadro 21 - Média do índice de toxicidade em função das estações do ano (em uma escala de 0 a 9) observado nas amostras de águas superficiais coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-

RS, no período de novembro/2016 a agosto/2023 (A) e índice de toxicidade calculado para as estações amostrais nas campanhas realizadas de novembro/2022 a agosto/2023 (B) 76
Quadro 22 - Índices de toxicidade (em uma escala de 0 a 9) observado nas amostras de águas superficiais coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS, no período de novembro/2016 a agosto/2023, com destaque para as campanhas realizadas de novembro/2022 a agosto/2023 78
Quadro 23 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados na primavera (novembro de 2022) 81
Quadro 24 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados no verão (fevereiro de 2023) 82
Quadro 25 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados no outono (maio de 2023) 83
Quadro 26 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados no inverno (agosto de 2023) 84
Quadro 27 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados 85
Quadro 28 - Período das campanhas amostrais de água subterrânea 2022/2023 90
Quadro 29 - Localização UTM dos poços de monitoramento da água subterrânea nas áreas da Usina Termelétrica Presidente Médici 92
Quadro 30 - Variáveis analisadas para a qualidade da água subterrânea para a área de estudo da Usina Termelétrica Presidente Médici 102
Quadro 31 - Métodos de aquisição de dados laboratoriais para os parâmetros avaliados para o monitoramento ambiental da área da usina termoelétrica. Onde L.Q. é o limite de quantificação 103
Quadro 32 - Métodos de preservação e validades dos parâmetros analíticos para a realização de ensaios e aquisição de dados neste monitoramento ambiental 104
Quadro 33 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados para monitoramento dos poços de águas subterrâneas previstos no termo de referência 105
Quadro 35 - Resultados obtidos *in loco* para os poços monitores da Campanha 4 do ano 2022/2023 referente ao mês de agosto. Apresentam-se as observações do estado de conservação dos poços. As cores representam o nível de qualidade de preservação dos poços em que verde representa boas condições, amarelo condiz com uma qualidade intermediária apresentando algumas degradações externas dos poços, e a cor vermelha significa péssimas condições de preservação 110
Quadro 36 - Resultados obtidos para nível estático, profundidade, temperatura da água e temperatura do ar nos pontos dos poços monitores nas áreas de Praça de Trabalho da Usina denominadas como Usina Fase B e Fase C, Almoxarifado e Candiota 1 120
Quadro 37 - Resultados obtidos para poços monitores na área denominada Usina Fase B e C. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela 122
Quadro 38 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Usina Fase B e C. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. 123
Quadro 39 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Usina Fase B e C. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. 124
Quadro 40 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Almoxarifado. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. 125

Quadro 41 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Candiota 1. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. 126
Quadro 42 - Resultados obtidos para poços monitores na área denominada Candiota 1. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. 127
Quadro 43 - Relação entre as variáveis DQO e DBO para todas as campanhas amostrais apresentando o percentual biodegradável do efluente. Quando ambos os valores de DQO e DBO estão menores que os limite de detecção = ND. Quando apenas um dos valores de DBO ou DQO é menor que a detecção, se usa o valor de detecção 136
Quadro 44 - Índice qualitativo da Campanha 1 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2010). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência (**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**) 167
Quadro 45 - Índice qualitativo da Campanha 2 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2010). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência (**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**) 168
Quadro 46 - Índice qualitativo da Campanha 3 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2010). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência (**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**) 169
Quadro 47 - Índice qualitativo da Campanha 4 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2010). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência (**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**) 170

Quadro 48 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de águas subterrâneas coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS 179
Quadro 49 - Resultados dos ensaios de toxicidade realizados com organismos-testes de três diferentes níveis tróficos quando expostos as amostras de águas subterrâneas coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS, no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 180
Quadro 50 - Pesos atribuídos aos efeitos ecotoxicológicos para a definição do índice de toxicidade aplicado nas avaliações da toxicidade das amostras de águas subterrâneas 180
Quadro 51 - Médias do índice de toxicidade (em uma escala de 0 a 9), e frequência de ocorrência de toxicidade, observado nas amostras de águas subterrâneas coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS 182
Quadro 52 - Média do índice de toxicidade em função das estações do ano (em uma escala de 0 a 9) observado nas amostras de águas subterrâneas dos 16 Poços de Monitoramento (PM) ativos da área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS, no período de novembro de 2016 a agosto de 2023 (A), e índice de toxicidade calculado para os Poços de Monitoramento nas campanhas realizadas de novembro de 2022 a agosto de 2023 (B) 183
Quadro 53 - Índices de toxicidade (em uma escala de 0 a 9) observado nos 16 Poços de Monitoramento (PM) ativos da área de estudos da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS, no período de novembro/2016 a agosto/2023, com destaque para as campanhas realizadas de novembro/2022 a agosto/2023. Poços ordenados em função das frequências de ocorrência de toxicidade ao longo do período de estudo (2016-2023). 185
Quadro 54 - Localização, coordenadas UTM dos locais de amostragens 204
Quadro 55 - Métodos utilizados na detecção das variáveis e as concentrações dos metais nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota 208
Quadro 56 - Classes do fator de contaminação e a interpretação 209
Quadro 57 - Classificação e interpretação nominal do fator de enriquecimento 212
Quadro 58 - Classes e classificações nominais para o Índice de Geoacumulação 213
Quadro 59 - Classes e interpretação do Grau de contaminação modificado 215
Quadro 60 - “Benchmarks” ou “tresholds” (SQGs), referenciais de níveis de efeito biológico, utilizados como referenciais nas comparações com as taxas encontradas nos sedimentos superficiais de fundo das calhas fluvial da calha fluvial da bacia hidrográfica do arroio Candiota. Apresentam-se os valores limites de cada uma das quatro concepções apresentadas. São vários autores, cada concepção é referenciada no texto. As concepções foram utilizadas nos seus limiares, TEC, LEL, ERL e TEL 219
Quadro 61 - **“**Backgrounds” (níveis de base) utilizados como referenciais, nas comparações, com as taxas encontradas nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial, da bacia hidrográfica do arroio Candiota, Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979) 220
Quadro 62 - Tabela parcial dos resultados do cálculo do RTR e ARTR dos dados de inverno, dos elementos químicos medidos nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota 222
Quadro 63 - Matéria orgânica, umidade e pH das unidades amostrais dos sedimentos recolhidos no ano amostral, primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023 231
Quadro 64 - Distribuição dos tamanhos de grãos das unidades amostrais recolhidas no ano amostral, primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023 234

Quadro 65 - Respostas das análises da concentração total (ataque forte, residual) dos metais nas amostras dos sedimentos de fundo da Calha do Arroio Candiota, unidades amostrais recolhidas, nas Campanhas Amostrais BE (**primavera** de 2022), BF (**verão** de 2023), BG (**outono** de 2023) e BH (**inverno** de 2023)..... 235
Quadro 66 - Respostas das análises da concentração "potencialmente móvel" (ataque fraco, não residual) dos metais nas amostras dos sedimentos de fundo da Calha do Arroio Candiota, unidades amostrais, recolhidas nas Campanhas Amostrais BE (**primavera** de 2022), BF (**verão** de 2023), BG (**outono** de 2023) e BH (**inverno** de 2023)..... 236
Quadro 67 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 7, a estação mais a montante da Usina, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Primavera** (2022). 252
Quadro 68 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 7, a estação mais a montante da Usina, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de Verão (2023)..... 252
Quadro 69 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 7, a estação mais a montante da Usina, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Outono** (2023). 253
Quadro 70 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 7, a estação mais a montante da Usina, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Inverno** (2023)..... 253
Quadro 71 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 8, a estação de derrame do efluente líquido da Usina termelétrica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Primavera** (2022) 254
Quadro 72 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 8, a estação de derrame do efluentes líquido da Usina termelétrica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Verão** (2023). 254
Quadro 73 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 8, a estação de derrame do efluentes líquido da Usina termelétrica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de Outono (2023) 255
Quadro 74 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 8, a estação de derrame do efluentes líquido da Usina termelétrica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de Inverno (2023) 255
Quadro 75 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 6, a estação da frente mineira que avança sobre a estação, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de Primavera (2022) 256
Quadro 76 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 6, a estação da frente mineira que avança sobre a estação, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de Verão (2023)..... 256
Quadro 77 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 6, a estação da frente mineira que avança sobre a estação, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de Outono (2023)..... 257
Quadro 78 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 6, a estação da frente mineira que avança sobre a estação, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Inverno** (2023). 257
Quadro 79 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 1, o local de referência mais a montante da Térmica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Primavera** (2022)..... 258
Quadro 80 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 1, o local de referência mais a montante da Térmica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Verão** (2023) 258
Quadro 81 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 1, o local de referência mais a montante da Térmica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Outono** (2023)..... 259
Quadro 82 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 1, o local de referência mais a montante da Térmica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de Inverno (2023) 259

Quadro 83 - Estão ordenados os Valores agregados de referência ordenados do maior para o menos, por campanha amostral, e marcado com bordas a estação usada como referência onde o ARTR é igual a unidade. Além disso as cores verdes, sufixo BE é a primavera, azul, sufixo BF, o verão; amarelo, sufixo BG, o outono, e o rosa, sufixo BH o inverno. 260
Quadro 84 - Referencial a Crosta Terrestre. Valores do Índice de contaminação considerando o valor de referência como sendo os valores médios da crosta terrestre. A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação a **laranja** significa alerta e a vermelha significa que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados **verde** significa as amostras recolhidas na primavera, o **azul**, aquelas recolhidas no verão, o **amarelo** aquelas recolhidas no outono e **rosa** as que forma recolhidas no inverno 264
Quadro 85 - Referencial aos Sedimentos Pré-industriais. Valores do Índice de contaminação considerando o valor de referência como sendo os valores médios da crosta terrestre. A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação, a **laranja** significa alerta e a vermelha significa que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados **verde** significa as amostras recolhidas na primavera, o **azul**, aquelas recolhidas no verão, o **amarelo** aquelas recolhidas no outono e **rosa** as que forma recolhidas no inverno 265
Quadro 86 - Referencial ao Clarke Geoquímico. Valores do Índice de contaminação considerando o valor de referência como sendo os valores do Clarke geoquímico. A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação, a laranja significa alerta e a vermelha significa que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados **verde** significa as amostras recolhidas na primavera, o **azul**, aquelas recolhidas no verão, o **amarelo** aquelas recolhidas no outono e **rosa** as que forma recolhidas no inverno 266
Quadro 87 - Referencial ao Folhelho Médio. Valores do Índice de contaminação considerando o valor de referência como sendo os valores da composição média dos folhelhos. A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação, a laranja significa alerta e a vermelha significa que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados verde significa as amostras recolhidas na primavera, o azul, aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que foram recolhidas no inverno. 267
Quadro 88 - Referencial de Valores do Fator de contaminação calculado tendo como referência a concepção TEC (Treshold Effect Contamination). A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação, a laranja significa alerta ea verme *vermelha significa que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados verde significa as amostras recolhidas na primavera, o azul, aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que foram recolhidas no inverno* 268
Quadro 89 - Valores do Fator de contaminação tendo como referência a concepção LEL (Low Effect Level). A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação, a laranja significa alerta e a vermelha significa que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados verde significa as amostras recolhidas na primavera, o azul, aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que foram recolhidas no inverno 269

Quadro 90 - Valores do Fator de contaminação tendo como referência a concepção ERL (Effect Range Low). A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação, a laranja significa alerta e a vermelha significa que uma concentração que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados verde *significa as amostras recolhidas na primavera, o azul, aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que foram recolhidas no inverno* 270
Quadro 91 - Valores do Fator de contaminação tendo como referência a concepção TEL(Treshold Effects Levels). A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação, a laranja significa alerta e a vermelha significa que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados **verde** significa as amostras recolhidas na primavera, o **azul**, aquelas recolhidas no verão, o **amarelo** aquelas recolhidas no outono e **rosa** as que foram recolhidas no inverno 271
Quadro 92 - Valores do Índice de geoacumulação (Igeo), tendo com a referência os valores médios da crosta terrestre. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera, o azul aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que forma recolhidas no inverno. 273
Quadro 93 - Valores do Índice de Geoacumulação (Igeo), tendo como valores de referência a composição média dos sedimentos preá industriais do planeta. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera, o azul aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que forma recolhidas no inverno 274
Quadro 94 - Valores do Índice de geoacumulação tendo como valores de referência a composição do folhelho médio. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera, o azul, aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que foram recolhidas no inverno 275
Quadro 95 -Valores do Índice de Geoacumulação tendo como referência os valores do Clarke da prospecção geoquímica. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera, o azul, aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as queforam recolhidas no inverno..... 276
Quadro 96 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Ferro como o elemento referencial normalizador, e a composição média da crosta terrestre como os valores de referência. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera; o azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas recolhidas no outono e; rosa as que foram recolhidas no inverno 278
Quadro 97 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Ferro como o elemento referencial normalizador e a composição média dos sedimentos do planeta como os valores de referência. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera; o azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas recolhidas no outono e; rosa as que foram recolhidas no inverno 279
Quadro 98 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Ferro como o elemento referencial normalizador e a os valores Clarke da prospecção geoquímica. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera; o azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que foram recolhidas no inverno 280
Quadro 99 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Ferro como o elemento referencial normalizador e a composição média dos folhelhos. A cor verde significa as amostras *recolhidas na primavera; o*

azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas recolhidas no outono e; **rosa** as que foram recolhidas no inverno..... 281
Quadro 100 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Alumínio como o elemento referencial normalizador, e a composição média da crosta terrestre como os valores de referência. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera; o azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas recolhidas no outono e; rosa as que foram recolhidas no inverno 282
Quadro 101 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Alumínio como o elemento referencial normalizador e a composição média dos sedimentos do planeta como os valores de referência. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera; o azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas recolhidas no outono e; rosa as que foram recolhidas no inverno 283
Quadro 102 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Alumínio como o elemento referencial normalizador e a os valores Clarke da prospecção geoquímica. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera; o azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas recolhidas no outono e; rosa as que foram recolhidas no inverno 284
Quadro 103 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Alumínio como o elemento referencial normalizador e a composição média dos folhelhos. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera; o azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas recolhidas no outono e; rosa as que foram recolhidas no inverno..... 285
Quadro 104 - Cálculo do Índice de Carga potencial (PLI) para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, área de influência da Usina termelétrica Presidente Médici, Candiota, RS 286
Quadro 105 - Grau de contaminação calculado a partir dos estudos realizados por Hakanson (1980), modificando os valores de referência, utilizando os valores médios da Crosta terrestre, os valores dos sedimentos, referência pré-industriais, os valores do Clarke da prospecção geoquímica, e valores dos Folhelhos médio. Quando os fatores de contaminação, que é a unidade de cálculo, se calculam trocando os referenciais..... 290
Quadro 106 - Grau de contaminação modificado calculado para os sedimentos recolhidos na primavera de 2022, verão de 2023, outono de 2023 e inverno de 2023 291
Quadro 107 - Apresentam-se os resultados da análise estatística descritiva dos dados das campanhas de primavera (2022), verão (2023), outono (2023), inverno (2023), perfazendo um “n” amostral de 32 293
Quadro 108 - Apresentam-se as variáveis do estudo e a suas variáveis da estatística descritiva, considerando todo o banco de dados para metais do estudo, recolhidos desde a campanha de 2004 até 2023, Campanhas E até BH 294
Quadro 109 - Cálculo do background dos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota. Considerando cerca de 402 medidas para cada metal. A classe nominal refere-se a dispersão dos dados, aqui atribuída a complexidade do sistema fluvial do arroio Candiota..... 295
Quadro 110 - Apresenta-se a razão para referência (RTRm) e o valor agregado de referência (ARTR). O referencial de comparação são os valores médios encontrados para os metais em todas as campanhas amostrais, desde 2004, campanhas amostrais indexadas de E até a até a campanha BH. Nesta tabela apresentam-se os valores obtidos neste ano amostral 2022-23, primavera de 2022, comparados com os valores médios de todas as campanhas amostrais. O valor em vermelho significa que ultrapassaram os valores médios dados para todo o conjunto de dados. Note-se que a os metais Al e Fe, apresentam um n=405 e os restantes apresentam n=402, para o cálculo da condição de

referência dada pelas médias. Lembrando que BE (campanha amostral de primavera de 2022), BF (campanha amostral de verão de 2023), BG (campanha amostral outono de 2023) e BH (campanha amostral de 2023 296
1Quadro 111 - Apresenta-se a razão para referência RTR e o valor agregado de referência (ARTR). O referencial de comparação são os valores médios encontrados para os metais em todas as campanhas amostrais, desde 2004, campanhas amostrais indexadas de E até a campanha BH. Nesta tabela apresentam-se os valores obtidos neste ano amostral 2022-23, verão de 2023, comparados com os valores médios de todas as campanhas amostrais. O valor em vermelho significa que ultrapassaram os valores médios dados para todo o conjunto de dados. Lembrando que BE (campanha amostral de primavera de 2022), BF (campanha amostral de verão de 2023), BG (campanha amostral outono de 2023) e BH (campanha amostral de 2023) 297
Quadro 112 - Apresenta-se a razão para referência RTR e o valor agregado de referência (ARTR). O referencial de comparação são os valores médios encontrados para os metais em todas as campanhas amostrais, desde 2004, campanhas amostrais indexadas de E até a campanha BH. Nesta tabela apresentam-se os valores obtidos neste ano amostral 2022-23, outono de 2023, comparados com os valores médios de todas as campanhas amostrais. O valor em vermelho significa que ultrapassaram os valores médios dados para todo o conjunto de dados. Lembrando que BE (campanha amostral de primavera de 2022), BF (campanha amostral de verão de 2023), BG (campanha amostral outono de 2023) e BH (campanha amostral de 2023) 298
Quadro 113 - Apresenta-se a razão para referência RTR e o valor agregado de referência (ARTR). O referencial de comparação são os valores médios encontrados para os metais em todas as campanhas amostrais, desde 2004, campanhas amostrais indexadas de E até a campanha BH. Nesta tabela apresentam-se os valores obtidos neste ano amostral 2022-23, inverno de 2023, comparados com os valores médios de todas as campanhas amostrais. O valor em vermelho significa que ultrapassaram os valores médios dados para todo o conjunto de dados. Lembrando que BE (campanha amostral de primavera de 2022), BF (campanha amostral de verão de 2023), BG (campanha amostral outono de 2023) e BH (campanha amostral de 2023) 299
Quadro 114 - Estatística descritiva das Estações 1 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental. N=54 308
Quadro 115 - Estatística descritiva das Estações 2 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental. N=53 311
Quadro 116 - Estatística descritiva das Estações 3 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental. N=54 314
Quadro 117 - Estatística descritiva das Estações 4 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental. N=52 317
3Quadro 118 - Estatística descritiva das Estações 5 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental. N=53 320
Quadro 119**4 -** Estatística descritiva das Estações 6 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental. N=54 323
Quadro 120 - Estatística descritiva das Estações 7 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental... 326
Quadro 121 - Estatística descritiva das Estações 8 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental. N=25 329
Quadro 122: Análise descritiva da estação 1, local de referência desde 2004 a 2023 340
Quadro 123 - Análise descritiva da estação 2, metais totais 2004 a 2023. 343

Quadro 124 - Análise descritiva da estação 3, metais totais 2004 a 2023. 346
Quadro 125 - Análise descritiva da estação 4, metais totais 2004 a 2023. 349
Quadro 126 - Análise descritiva da estação 5, metais totais 2004 a 2023. 352
Quadro 127 - Análise descritiva da estação 6, metais totais 2004 a 2023 355
Quadro 128 - Análise descritiva da estação 7, metais totais 2004 a 2023. 358
Quadro 129 - Análise descritiva da estação 8, metais totais 2004 a 2023. 361
Quadro 130 - Estatística descritiva do ano amostral 2022-23(primavera de 2022 e verão, outono e inverno de 2022 365
Quadro 131 - Resultado dos testes de Bartlett e KMO, mostrando a adequabilidade do conjunto de dados a ser tratado pelo PCA, considerando o ano amostral 2022-2023..... 366
Quadro 132 - Resultado da análise de componentes principais dos elementos químicos do estudo dos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, nas campanhas amostrais primavera de 2022 e verão, outono e inverno de 2023 368
Quadro 133 - Autovalores dos componentes do PCA para os elementos químicos medidos nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023 369
Quadro 134 - Apresentam-se a abrangência da contaminação com base no PCA com n=402. Verde campanha amostral de primavera, azul campanha amostral de verão, amarelo, campanha de outono, Rosa campanha de inverno. As duas últimas colunas representam a ordenação da contaminação dada pelo PCA entre as estações amostrais, dentro da campanha amostral. 370
Quadro 135 - Resultado dos testes de Bartlett e KMO, mostrando a adequabilidade do conjunto de dados a ser tratado pelo PCA. 372
Quadro 136 - Resultado da análise de componentes principais dos elementos químicos do estudo dos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, nas campanhas amostrais desde 2004 até inverno de 2023 374
Quadro 137 - Auto vetores dos componentes do PCA para os elementos químicos medidos nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota. Das campanhas amostrais de 2004 a inverno de 2023. 375
Quadro 138 - Aqui estão os níveis de base, o “background” calculado para cada um dos metais do estudo dos sedimentos do arroio Candiota, e os referenciais usados como abordagem deste estudo, as concepções vindas da ecotoxicidade e os referencias da geologia ortodoxa. O hachurado em cinza significa que a concepção em questão do limite não foi estudada para aquele elemento químico em particular. Lembra-se que o valor de N usado foi de 402..... 387
Quadro 139 - RTR e ARTR para a campanha de primavera de 2022 considerando o nível de base calculado, o background, para os sedimentos do arroio Candiota. 390
Quadro 140 - RTR e ARTR para a campanha de verão de 2023, considerando o nível de base calculado para os sedimentos do arroio Candiota. 390
Quadro 141 - RTR e ARTR para a campanha de outono de 2023, considerando o nível de base calculado para os sedimentos do arroio Candiota. 391
Quadro 142 - RTR e ARTR para a campanha de inverno de 2023, considerando o nível de base calculado para os sedimentos do arroio Candiota. 391

Quadro 143 - Valores do ARTR, calculado para as estações amostrais, ordenadas do valor maior para o menor, todos referenciados ao nível de base calculado e usado como condição de referência. Verde a primavera de 2022, azul o verão de 2023, o amarelo o outono de 2023 392
Quadro 144 - Relação dos elementos do estudo nos sedimentos superfícies de fundo do arroio Candiota seus valores mínimos e máximos nas campanhas amostrais BE-BF-BG-BH 9 anos amostral 2022-23, e os valores mínimos e máximos obtidos em todas as campanhas amostrais, do monitoramento ambiental desde 2004..... 394
Quadro 145 - Legenda de referência para as classes do Fator de Enriquecimento. 395
Quadro 146 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores médios para a crosta terrestre, e o elemento normalizador o Alumínio. 396
Quadro 147 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores médios para a crosta terrestre, e o elemento normalizador o Ferro. 397
Quadro 148 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores médios para a sedimentos pré-industrialização, e o elemento normalizador o Alumínio. 398
Quadro 149 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores médios para a sedimentos pré-industrialização, e o elemento normalizador o Ferro. 399
Quadro 150 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores médios para a folhelhos, e o elemento normalizador o Alumínio 400
Quadro 151 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores médios para os folhelhos, e o elemento normalizador o Ferro 401
Quadro 152 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores para o Clarke da prospecção geoquímica, e o elemento normalizador o Alumínio 402
Quadro 153 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores para o Clarke da prospecção geoquímica, e o elemento normalizador o Ferro 403
Quadro 154 - Classes do PLI aplicados nos sedimentos do Candiota 404
Quadro 155 - Cálculo do PLI para os sedimentos do arroio Candiota apresentando a classe sem poluição. Cálculo do PLI para os sedimentos do arroio Candiota apresentando a classe sem poluição. 405
Quadro 156 - Classes do grau de contaminação Cd aplicados nos sedimentos do Candiota. 406
Quadro 157 - Análise descritiva para o Grau de contaminação para os sedimentos superficiais de fundo da calha do arroio Candiota, produto da análise da tabela 51. 406
Quadro 158 - Análise descritiva para o Grau de contaminação modificado (mCd) para os sedimentos superficiais de fundo da calha do arroio Candiota 409
Quadro 159 - Resultado obtidos em 25 campanhas, incluído aqui o ano amostral 2022-23, objeto deste relato, das concentrações dos metais deste estudo 415
Quadro 160 - Táxons identificados nos oitos pontos de coletas no período amostral de novembro de 2022 a agosto de 2023 442
Quadro 161 - Principais táxons abundantes identificados nos oitos pontos de coletas no período amostral de novembro de 2022 a agosto de 2023 (Destacado somente táxons abundantes em 3 ou mais pontos amostrais). 447
Quadro 162 - Análise qualitativa. Relação da presença e riqueza fitoplanctônica nos oitos pontos de coletas no período amostral de novembro de 2022 a agosto de 2023 449

Quadro 163 - Táxons identificados nos sete pontos de coletas no período amostral de novembro de 2022 a agosto de 2023 456
Quadro 164 - Principais táxons abundantes identificados nos sete pontos de coletas no período amostral de novembro de 2022 a agosto de 2023 (Destacado somente táxons abundantes em 3 ou mais pontos amostrais). 461
Quadro 165 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em novembro de 2022 469
Quadro 166 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em fevereiro de 2023 476
Quadro 167 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em maio de 2023..... 483
Quadro 168 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em agosto de 2023 490
Quadro 169 - Registro da ocorrência dos taxa da macrofauna (P = primavera 2022, V = verão, O = outono e I= inverno de 2023 505
Quadro 170 - Valores do índice de diversidade de Shannon Wiener (H') e equitabilidade de Pielou para os 8 pontos amostrados na bacia do Candiota no período de 2022 e 2023 516
Quadro 171 - Qualidade da água de acordo com os percentuais de espécimes das Ordens de Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, em relação aos demais invertebrados 521
Quadro 172 - Valores percentuais de espécimes de Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, em relação aos demais invertebrados 522
Quadro 173 - Valores percentuais de espécimes das Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, em relação aos demais invertebrados 522
Quadro 174 - Valores percentuais de espécimes das Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, em relação aos demais invertebrados 523
Quadro 175 - Valores percentuais de espécimes das Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, em relação aos demais invertebrados 523
Quadro 176 - Pontuações designadas às diferentes famílias de macroinvertebrados aquáticos 525
Quadro 177 - Qualidade ambiental com base na estrutura da comunidade de invertebrados bentônicos e na sensibilidade das espécies presentes. 526
Quadro 178 - Valores de referência do índice ASPT e diagnóstico da água analisada dos ambientes. 527
Quadro 179 - Pontuação e Classes BMWP e BMWP-ASPT da fauna de macroinvertebrados dos pontos monitorados, campanha amostral de Primavera, novembro de 2022 527
Quadro 180 - Pontuação, classes BMWP e BMWP-ASPT da fauna de macroinvertebrados, campanha amostral de verão, fev. de 2023 528
Quadro 181 - Pontuação, classes BMWP e BMWP-ASPT da fauna de macroinvertebrados, campanha amostral de outono, maio de 2023 528
Quadro 182 - Pontuação, classes BMWP e BMWP-ASPT da fauna de macroinvertebrados, campanha amostral de outono, maio de 2023 528
Quadro 183 - Pontuação, classes BMWP e BMWP-ASPT da fauna de macroinvertebrados dos pontos monitorados, campanha amostral de agosto de 2023 529

Quadro 184 - Valores da abundância total, abundância relativa e valores médios, primavera de 2022. 533
Quadro 185 - Valores da abundância total, abundância relativa e valores médios, verão de 2023. 534
Quadro 1865 - Valores da abundância total, abundância relativa e valores médios, outono de 2023 536
Quadro 187 - Valores da abundância total, abundância relativa e valores médios, inverno de 2023 538
Quadro 188 - Intervalos do Índice de Qualidade (IQ) 556
Quadro 189 - Valores de referência (mg/Kg) para a concentração máxima admitida de metais e elementos-traço presentes nas espécies de peixes analisadas na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS. ... 558
Quadro 190 - Apresentação dos valores de IQ da ictiofauna (BRUSCHI et al. 2000) no período 2021/2022 e cálculo de sua média harmônica para a classificação nos padrões de IQ 559
Quadro 191 - Valores de IQ da ictiofauna (BRUSCHI et al. 2000) da série histórica de monitoramento da área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 562
Quadro 192 - Enquadramento do IQ da ictiofauna (BRUSCHI et al. 2000) da série histórica de monitoramento e os valores absolutos e relativos (%) observados para das classes de IQ da área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 580
Quadro 193 - Número amostras de músculo de peixes obtidas no período de amostragem de novembro/2022 a agosto/2023, de acordo com o local de captura e o nível trófico das espécies doadoras para a análise de concentração de metais e elementos traço na área de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 582
Quadro 194 - Número de amostras de peixes contaminados com Arsênio (As) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS. 584
Quadro 195 - Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 585
Quadro 196 - Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 586
Quadro 197 - Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 587
Quadro 198 - Número de amostras de peixes contaminados com Cádmio (Cd) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 588
Quadro 199 - Número de amostras de peixes contaminados com Chumbo (Pb) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 592
Quadro 200 - Localização das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Terrestre 623
Quadro 201 - Estações amostrais da Rede de Monitoramento para o Ambiente Terrestre. 624
Quadro 202 - Localização das Estações Amostrais Complementares da Rede de Monitoramento Ambiental para o Biomonitoramento da Qualidade do Ar. 625
Quadro 203 Estações amostrais Complementares da Rede de Monitoramento Ambiental para o Biomonitoramento da Qualidade do Ar. 625
Quadro 204 - Espécies vegetais presentes em comunidades campestres nas cinco EAs amostradas 637
Quadro 205 - Atualização da nomenclatura taxonômica das espécies vegetais, segundo modificações introduzidas pelo Projeto Flora Brasil 2020 643

Quadro 206 - Riqueza de espécies para cada EA, por época de amostragem, (primavera, verão, outono e inverno), valores acumulados por EA no período total de amostragem (novembro de 2022 a setembro de 2023) e valores percentuais representados pelo número total de espécies de cada EA em relação ao número total de táxons inventariado no período 644
Quadro 207 - Número de espécies (NE) de Angiospermas por famílias mais numerosas nas cinco EAs, nas quatro campanhas de amostragem 645
Quadro 208 - Presença de espécies de Asteraceae herbáceas e subarbustivas/arbustivas nas cinco EAs examinadas 648
Quadro 209 - Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de primavera (novembro de 2022), nas cinco EAs. 649
Quadro 210 - Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de outono (maio de 2023), nas cinco EAs 650
Quadro 211 - Índices de diversidade das cinco EAs, nas campanhas de primavera e outono. 653
Quadro 212 - Índice de similaridade de Jaccard entre as EAs, nas campanhas de primavera e outono. 654
Quadro 213 - Espécies exóticas registradas no âmbito do presente projeto de monitoramento. *Espécies não encontradas no período em questão, mas presentes na região ou em campanhas de períodos anteriores. 664
Quadro 214 - Espécies exóticas invasoras listadas na Portaria SEMA n° 79/2013 e registradas no presente monitoramento 671
Quadro 215 - Valores estimados para o grau de alteração das comunidades vegetais campestres em decorrência da presença de espécies exóticas, atribuídos a cada EA, para os anos de 2021, 2022 e 2023 674
Quadro 216 - Valores atribuídos a cada EA segundo os seguintes critérios quantitativos. 676
Quadro 217 - *Ranking* da qualidade ambiental atribuída a cada EA, em ordem crescente. 676
Quadro 218 - Tabulação de valores das classes de uso e ocupação do solo, referentes aos anos de 2021, 2022 e 2023. Na coluna à direita são apresentadas as variações percentuais comparativas entre classes, correspondentes aos anos de 2021 e 2022 733
Quadro 219 - Ocorrência das espécies de aves nas cinco EA no período entre setembro de 2022 e agosto de 2023. 737
Quadro 220 - Índice de diversidade de Simpson (1-D) para as cinco EA avaliadas para o componente avifauna com base nos dados obtidos entre dezembro de 2022 e agosto de 2023. 744
Quadro 221 - Espécies de anfíbios encontrados nas estações amostrais no trabalho de monitoramento ambiental para a usina termelétrica de Candiota realizadas entre novembro de 2021 e agosto de 2022. E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste). 761
Quadro 222 - Espécies de répteis encontrados nas estações amostrais no trabalho de monitoramento ambiental para a usina termelétrica de Candiota realizadas entre novembro de 2021 e agosto de 2022. E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste). 762
Quadro 223 - Datas das coletas do Passivo e Ativo 776
Quadro 224 - Rede de estações amostrais (EA) no entorno da Usina termoelétrica no município de Candiota/RS com suas respectivas coordenadas geográficas e direções em relação à usina 777

Quadro 225 - Coleta de primavera. Teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), zinco (Zn) e enxofre (S) no solo em dez estações de amostragem nas adjacências da usina termoelétrica de Candiota. Teores em mg/kg,enxofre em %, **valores máximos**, valores mínimos, LQ (limite de quantificação 787
Quadro 226 - Bibliografia com valores de níveis basais e tóxicos para plantas 797
Quadro 227 - Localização das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Terrestre – atividade Pecuária 806
Quadro 228 - Estimativa de idade em ovinos, pela dentição 815

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de Localização da área de estudos bacia hidrográfica do Arroio Candiota..... 42
Figura 2 - Distribuição das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento, utilizando com fundo as classes de uso do solo, incluindo a estação 8 – no lançamento do efluente. 43
Figura 3 - Variação do fósforo total nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 202 62
Figura 4 - Variação do oxigênio dissolvido nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 62
Figura 5 - Variação de coliformes fecais nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 63
Figura 6 - Variação de coliformes fecais nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 64
Figura 7 - Variação do alumínio dissolvido nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 65
Figura 8 - Variação do ferro dissolvido nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 66
Figura 9 - Variação do manganês total nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 67
Figura 10 - Variação dos surfactantes nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 68
Figura 11 - Variação dos surfactantes nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 69
Figura 12 - Valores registrados do IQA (Índice de Qualidade de Água) para o período de novembro de 2022 a agosto de 2023 no sistema 70
Figura 13 - Valores registrados do IPMCA (Índice de Parâmetros Mínimos para a Proteção das comunidades aquáticas) para o período de novembro de 2022 a agosto de 2023 no sistema 71
Figura 14 - Mapa apresentando a localização das áreas monitoradas e dos poços de coleta de água subterrânea na Usina Termelétrica Presidente Médici. As setas azuis representam as diferenças altimétricas relativas orientadas da maior para a menor cota e os possíveis percursos das águas meteóricas e subterrâneas no local 93
Figura 15 - Válvula de pé para colocação na mangueira para executar a purga do poço de vários tamanhos em função da variação da circunferência dos poços (A e B). Bomba de dreno manual, para o recalque da água estagnada do poço, visando o mínimo de turbidez possível (c) 98
Figura 16 - (A) Gerador Gringer ZH3500 para ligar a bomba submersível; (B) Bomba de água submersível 1/2HP e 1,5” Tander profissional; (C) Amostragem poço PM-10 apresentando o sistema utilizado para o esgotamento de poços com maior volume de água devido ao maior diâmetro do poço para o monitoramento de água subterrânea da Termelétrica Presidente Médici no Município de Candiota 99
Figura 17 - Amostrador (descartável de polietileno) do tipo “bailer” utilizado para amostragem de água subterrânea nos poços de monitoramento de Candiota (Modificado de Soriano Junior, R.; Reis, F.A.G.V./Análise comparativa entre métodos de amostragem de águas subterrâneas) 101

Figura 18 - *Plate* de fotos apresentando as condições de preservação para cada poço de monitoramento da qualidade da água subterrânea 111
Figura 19 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral 1 do projeto anual de 2022/2023 (dados obtidos do site do INMET) 116
Figura 20 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral 2 do projeto anual de 2022/2023 (dados obtidos do site do INMET) 117
Figura 21 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral 3 do projeto anual de 2022/2023 (dados obtidos do site do INMET) 118
Figura 22 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral 4 do projeto anual de 2022/2023 (dados obtidos do site do INMET) 119
Figura 23 - Gráfico apresentando as profundidades dos poços e os seus níveis estáticos de água subterrânea para as quatro campanhas amostrais. A barra preta indica a profundidade do poço, já as demais barras indicam em sua base onde está o nível estático no relativo poço. Assim, a coluna d'água corresponde o intervalo que vai da base de referência da profundidade (barra preta) até a base das demais barras que corresponde ao nível freático 121
Figura 24 - Gráficos demonstrando os valores de Coliformes Termotolerantes. Linha vermelha: limite de detecção (MS 1469, 2000) 129
Figura 25 - Gráficos demonstrando os valores de Condutividade. Linha vermelha: limite de condutividade (ANZECC, 2010) 131
Figura 26 - Mapas demonstrando o comportamento da Condutividade (µS•cm-1) durante as quatro campanhas amostrais 132
Figura 27 - Gráfico apresentando as variáveis de cor (UC), da soma de Fe e Mn dissolvidos ($mg \cdot L^{-1}$) e de sólidos totais dissolvidos (STD, $mg \cdot L^{-1}$) 134
Figura 28 - Gráficos demonstrando a correlação do DBO com o DQO (mg·L-1 O2). A elipse laranja destaca valores da correlação em que a DBO está abaixo do limite de detecção, e em verde, valores de DQO abaixo ou próximo do limite de detecção 136
Figura 29 - Gráficos apresentando os valores de DQO e DBO. Linha vermelha: limite DBO (CONAMA 357, 2005). Linha laranja: limite DQO (CPRM, 2008) 137
Figura 30 - Gráficos demonstrando os valores de Fósforo Total. Linha vermelha: limite de fósforo total (CONAMA 357, 2005) 139
Figura 31 - Gráficos demonstrando valores de oxigênio dissolvido. Área em vermelho: faixa típica em água subterrânea (CPRM, 2008) 141
Figura 32 - Gráficos demonstrando os valores de óleos e graxas. Linhas vermelhas: limite de óleos e graxas (CONAMA 357, 2005) 143
Figura 33 - Gráficos demonstrando os valores de pH. Linhas vermelhas: limite mínimo (5,5) e máximo (8,5) de pH (CPRM, 2008) 145

Figura 34 - Gráficos demonstrando os valores de Turbidez. Linhas vermelhas: limite de turbidez (MS 1469, 2000) 147
Figura 35 - Gráficos apresentando a distribuição dos metais totais analisados nesse estudo para cada campanha amostral. Valores dos gráficos em mg·L^{-1} 149
Figura 36 - Gráficos comparando os valores entre alumínio total e dissolvido. Linha vermelha: limite Al total (CONAMA 396, 2008) 152
Figura 37 - Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de alumínio em suspensão (porção vermelha dos diagramas em pizza) e alumínio dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas 153
Figura 38 - Gráficos comparando valores (mg·L^{-1}) entre ferro total e dissolvido. Linha vermelha: limite Fe total (CONAMA 396, 2008) 155
Figura 39 - Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de ferro em suspensão (porção vermelha dos diagramas em pizza) e ferro dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas 156
Figura 40 - Gráficos comparando os valores entre manganês total e dissolvido. Linha vermelha: limite Mn total (CONAMA 396, 2008) 158
Figura 41 - Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de manganês em suspensão (porção vermelha dos diagramas em pizza) e manganês dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas 159
Figura 42 - Gráficos comparando os valores entre chumbo total e dissolvido. Linha vermelha: limite Pb total (CONAMA 396, 2008) 161
Figura 43 - Gráficos comparando os valores entre níquel total e dissolvido. Linha vermelha: limite Ni total (CONAMA 396, 2008) 163
Figura 44 - Gráficos comparando os valores entre cromo total e dissolvido. Linha vermelha: limite Cr total (CONAMA 396, 2008) 165
Figura 45 - Mapas demonstrando o comportamento do índice de qualidade das águas subterrâneas durante as quatro campanhas amostrais. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho) 173
Figura 46 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2018/2019. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho) 174
Figura 47 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2019/2020. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho) 175
Figura 48 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2020/2021. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho) 176

Figura 49 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2021/2022. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho) 177
Figura 50 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2022/2023. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho) 178
Figura 51 - Diagrama unifilar da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota. 205
Figura 52 - Amostradores que podem ser usados de acordo com as condições hidrodinâmicas do meio, draga de Petersen, draga de Eckman, “mud snapper” e a pá de PVC, respectivamente. 208
Figura 53 - Diagrama de Hjulström (Modificado de Nichols, 2009)..... 233
Figura 54: Variação dos metais do estudo, nas estações amostrais, para cada metal do estudo, na sazonalidade. As linhas são contínuas, deveriam matematicamente serem representadas por barras, mas, apesar do erro proposital, fica melhor para visualizar o comportamento dado pelas concentrações dos metais totais medidos. 236
Figura 55 - Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 1, local de referência, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão outono e inverno de 2023. 238
Figura 56 - Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 2, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão outono e inverno de 2023 239
Figura 57: Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 3, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023. 241
Figura 58: Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 4, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023 242
Figura 59: Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 5, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão outono e inverno de 2023 243
Figura 60 - Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 6, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão outono e inverno de 2023 245
Figura 61 - Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 7, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão outono e inverno de 2023 246
Figura 62 - Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 8, derrame do efluente da Usina, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão outono e inverno de 2023 248
Figura 63 -Visão geral da toxicologia dos metais, modificado de Casarett e Doull, 2012 288
Figura 64 - Esquema do diagrama de caixa, posicionando os valores “outliers”, ou os valores discrepantes. 301
Figura 65 - Apresentam-se diagramas de caixa correlacionados a histogramas genéricos para reforçando a importância desta visualização. 303
Figura 66 - Apresentam-se os diagramas box plot de Alumínio, Ferro e Manganês, reunindo as campanhas de Primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023, campanhas BE, BF BG e BH respectivamente. 304
Figura 67 - Apresentam-se os diagramas box plot de Arsênio, Cádmio e Chumbo, reunindo as campanhas de Primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023, campanhas BE, BF BG e BH respectivamente 305
Figura 68 - Apresentam-se os diagramas box plot de Cobre, Cromo e Mercúrio, reunindo as campanhas de Primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023, campanhas BE, BF BG e BH respectivamente 306

Figura 69 - Apresentam-se os diagramas box plot de Níquel e Zinco, reunindo as campanhas de Primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023, campanhas BE, BF BG e BH respectivamente 307
Figura 70 - Box Plot Al, As, e Cd na estação amostral 1 (local de referência) campanhas BE (2004) até BH (2023). 309
Figura 71 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 1 (local de referência) campanhas BE (2004) até BH (2023). 309
Figura 72 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 1 (local de referência) campanhas BE (2004) até BH (2023). 310
Figura 73 - Box Plot Ni e Zn na estação amostral 1 (local de referência) campanhas BE (2004) até BH (2023). 310
Figura 74 - Box Plot Al, As, e Cd na estação amostral 2 campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023) 312
Figura 75 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 2, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023) 312
Figura 76 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 2, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 313
Figura 77: Box Plot Ni e Zn na estação amostral 2, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023) 313
Figura 78 - Box Plot Al, As e Cd na estação amostral 3, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023) 315
Figura 79 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 3, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 315
Figura 80 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 3, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023) 316
Figura 81 - Box Plot Ni e Zn na estação amostral 3, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023) 316
Figura 82 - Box Plot Al, As e Cd na estação amostral 4, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023) 318
Figura 83 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 4, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023) 318
Figura 84 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 4, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023) 319
Figura 85 - Box Plot Ni e Zn na estação amostral 4, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023) 319
Figura 86 - Box Plot Al, As e Cd na estação amostral 5, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 321
Figura 87 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 5, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 321
Figura 88 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 5, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023) 322
Figura 89 - Box Plot Ni e Zn na estação amostral 5, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 322
Figura 90 - Box Plot Al, As e Cd na estação amostral 6, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023) 324
Figura 91 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 6, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 324
Figura 92 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 6, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 325
Figura 93 - Box Plot Ni e Zn na estação amostral 6, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 325
Figura 94 - Box Plot Al, As e Cd na estação amostral 7, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 327
Figura 95 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 7, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 327
Figura 96 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 7, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 328
Figura 97 - Box Plot Ni e Zn na estação amostral 7, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 328
Figura 98 - Box Plot Al, As e Cd na estação amostral 8, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 330
Figura 99 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 8, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 330
Figura 100 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 8, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 331
Figura 101 - Box Plot Ni e Zn na estação amostral 8, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023). 331
Figura 102: Matriz de correlação de Spearman dos dados das campanhas BE (primavera de 2022), BF (verão de 2023), BG (outono de 2023) e BH (inverno de 2023), perfazendo um “n” de 32. 333

Figura 103 - Matriz de correlação de Spearman dos dados das campanhas E (2004) até BH (2023), perfazendo um "n" de 402 333
Figura 104: Dendrograma mostrando os agrupamentos obtidos pela análise classificatória de cluster das unidades amostrais, representadas pelas estações amostrais, recolhidas em; primavera de 2022, sufixo BE; verão de 2023, sufixo BF; outono de 2023, sufixo BG: e inverno de 2023, sufixo BH 338
Figura 105: Dendrogramas mostrando o agrupamento dos metais do estudo com base nas concentrações dos metais determinados nas unidades amostrais recolhidas no período de primavera de 2022, sufixo BE; verão de 2023, sufixo BF; outono de 2023, sufixo BG: e inverno de 2023, sufixo BH. O primeiro dendrograma mostra os elementos químicos do estudo retirados aqueles que apresentaram as concentrações maiores e que naturalmente são mais elevadas no sistema ambiental. O segundo apresenta os elementos químicos do estudo em sua totalidade e de forma tendenciosa os elementos químicos com maiores concentrações influenciam na análise de agrupamentos 339
Figura 106: Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 1, local de referência 2004 a 2023. 341
Figura 107: Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 1, local de referência 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes Fe, Al e Mn 342
Figura 108: Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 2, de 2004 a 2023. 344
Figura 109 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 2, de 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes Fe, Al e Mn. 345
Figura 110 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 3, de 2004 a 2023. 347
Figura 111 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 3, 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes Fe, Al e Mn. 348
Figura 112 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 4, de 2004 a 2023. 350
Figura 113 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 4, de 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes Fe, Al e Mn. 351
Figura 114 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 5, de 2004 a 2023. 353
Figura 115 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 5, de 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes Fe, Al e Mn. 354
Figura 116 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 6, de 2004 a 2023. 356
Figura 117 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 6, de 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes Fe, Al e Mn. 357
Figura 118 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 7, de 2004 a 2023. N=53 359
Figura 119 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 7 de 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes A, Fe e Mn. N=53 360
Figura 120 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 8, de 2004 a 2023. N=25. 362
Figura 121 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 8, de 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes Fe, Al e Mn. 363
Figura 122 - Diagrama "box plot" para o grau de contaminação (Cd) para os sedimentos superficiais de fundo da calha do arroio Candiota, produto da análise da tabela 51. 407

Figura 123 - Diagrama box plot para o grau de modificado de contaminação(mCd) para os sedimentos superficiais de fundo da calha do arroio Candiota, produto da análise da tabela 52. 410
Figura 124 - Relação das médias das concentrações do elemento do estudo com um dos limites usados LEL respondendo a legislação CONAMA 454 para sedimentos. 411
Figura 125 - Densidade relativa dos grupos da comunidade fitoplanctônica observada nos pontos de coleta, no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 444
Figura 126 - Riqueza de espécies fitoplanctônicas, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 445
Figura 127 - Densidade total da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 445
Figura 128 - Índice de diversidade de Shannon da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 446
Figura 129 - Equitabilidade da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 446
Figura 130 - Imagens das microalgas *M.arcuatum* (A) e *A.delicatissima* (B).Imagens retiradas dos sites Algabase e Cetesb, respectivamente 451
Figura 131 - Boxplot (medianas, quartis, n = 4) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.mL-¹) da comunidade fitoplanctônica observada nos pontos de coleta no período de 452
Figura 132 - Boxplot (medianas, quartis, n = 8) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.mL-¹) da comunidade fitoplanctônica observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 453
Figura 133 - Densidade relativa dos grupos da comunidade perifítica observada nos pontos de coleta, no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 458
Figura 134 - Riqueza de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 459
Figura 135 - Densidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 459
Figura 136 - Índice de diversidade de Shannon da comunidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 460
Figura 137 - Equitabilidade da comunidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 460
Figura 138 - Boxplot (medianas, quartis, n = 4) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.cm^2) da comunidade perifítica observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023 462
Figura 139 - Boxplot (medianas,quartis, n = 7) da (A) diversidade de espécies 463
Figura 140 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em novembro de 2022 471
Figura 141 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em novembro de 2022 472

Figura 142 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em novembro de 2022 473
Figura 143 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em novembro de 2022 473
Figura 144 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em novembro de 2022..... 474
Figura 145 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de novembro de 2022 475
Figura 146 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em fevereiro de 2023..... 478
Figura 147 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em fevereiro de 2023..... 479
Figura 148 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em fevereiro de 2023 480
Figura 149 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em fevereiro de 2023 480
Figura 150 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em fevereiro de 2023 481
Figura 151 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de fevereiro de 2023. 482
Figura 152 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em maio de 2023 485
Figura 153 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em maio de 2023 486
Figura 154 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em maio de 2023 487
Figura 155 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em maio de 2023 487
Figura 156 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em maio de 2023..... 488
Figura 157 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de maio de 2023. 489
Figura 158 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em agosto de 2023..... 491
Figura 159 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em agosto de 2023..... 492
Figura 160 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em agosto de 2023 493
Figura 161 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em agosto de 2023 493
Figura 162 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em agosto de 2023 494
Figura 163 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de agosto de 2023 495
Figura 164 - Equipamentos utilizados em campo: a) Draga de Petersen (modificada); b) coletor Surber (malha de 250µm); c) rede de mão (malha de 250µm) 502
Figura 165 - Abundância absoluta e relativa da comunidade de macroinvertebrados, de acordo com estações sazonais 509
Figura 166 - Abundância total dos macroinvertebrados bentônicos, de cada uma das estações monitoradas, nas quatro estações sazonais..... 510
Figura 167 - Abundância relativa dos táxons com valores acima de 1%, na Primavera de 2022..... 512
Figura 168 - Abundância relativa dos táxons com valores acima de 1%, verão de 2023..... 513

Figura 169 - Abundância relativa dos táxons com valores acima de 1%, no outono de 2023 514
Figura 170 - Abundância relativa dos táxons com valores acima de 1%, no outono de 2023 514
Figura 171 - Valores da riqueza de táxons, relativos às quatro campanhas amostrais 516
Figura 172 - Resultado da aplicação do índice de diversidade de Shannon (H') e da Equitabilidade de Pielou, novembro /2022 517
Figura 173 - Resultado da aplicação do índice de diversidade de Shannon (H') e da Equitabilidade de Pielou, fevereiro/2023. 518
Figura 174 - Resultado da aplicação do índice de diversidade de Shannon (H') e da Equitabilidade de Pielou, maio/2023 519
Figura 175 - Resultado da aplicação do índice de diversidade de Shannon (H') e da Equitabilidade de Pielou, agosto/2023 519
Figura 176 - Imagem do Ponto 1 da rede de monitoramento próximo à ponte férrea e a BR 392, localizado à montante da barragem da Usina Termelétrica Presidente Médici no arroio Candiota 547
Figura 177 - Imagem do Ponto 2 da rede de monitoramento, a jusante da barragem da Usina Termelétrica Presidente Médici no arroio Candiota 548
Figura 178 - Imagem do Ponto 3 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiotinha próximo a ponte de ligação entre Candiota e Pedras Altas. 549
Figura 179 - Imagem do Ponto 3 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiota, próximo do ponto de lançamento de efluentes líquidos da Usina Termelétrica Presidente Médici. 550
Figura 180 - Imagem do Ponto 5 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiota 551
Figura 181 - Imagem do Ponto 6 da rede de monitoramento, localizado no arroio Poacá onde se nota a foz da Sanga da Carvoeira na margem esquerda (direita da imagem) e a cunha de sedimentos carreada pela Sanga. 552
Figura 182 - Imagem do Ponto 7 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiota 553
Figura 183 - Imagem do Ponto 8, logo abaixo do lançamento do efluente da UTE Presidente Médici da rede de monitoramento no arroio Candiota. 554
Figura 184 - Apresentação dos valores obtidos de condições de qualidade no período 2022/2023, indicadas pelo IQ aplicado para o resultado da amostragem de peixes, no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 560
Figura 185 - Apresentação dos valores de média harmônica obtidos no período 2020/2021, indicadas pelo IQ aplicado para o resultado da amostragem de peixes, no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 561
Figura 186 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT1 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 564
Figura 187 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT2 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 565
Figura 188 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT3 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 566

Figura 189 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT4 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 567
Figura 190 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT5 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 568
Figura 191 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT6 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 569
Figura 192 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT7 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 570
Figura 193 - Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 589
Figura 194 - Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 590
Figura 195 - Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 591
Figura 196 - Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 593
Figura 197 - Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 594
Figura 198 - Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 595
Figura 199 - Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 597
Figura 200 - Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 598
Figura 201 - Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 599
Figura 202 - Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 601
Figura 203 - Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 602
Figura 204 - Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 603
Figura 205 - Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 605
Figura 206 - Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 606

Figura 207 - Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 607
Figura 208 - Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 609
Figura 209 - Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 610
Figura 210 - Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 611
Figura 211 - Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 613
Figura 212 - Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 614
Figura 213 - Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 615
Figura 214 - Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 617
Figura 215 - Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 618
Figura 216 - Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS 619
Figura 217 - Distribuição das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Terrestre 626
Figura 218 - Localização das estações de amostragem (EAs). Os ícones representam a localização do ponto de amostragem e onde foram tomadas as imagens com as coordenadas geográficas 627
Figura 219 - Parcelas amostrais em uma área de campo 629
Figura 220 - Representação esquemática mostrando a distribuição espacial das 38 parcelas amostrais ao longo do transecto 630
Figura 221 - Localização das cinco diferentes EAs em relação à Usina Termelétrica Presidente Médici da CGTEE, com as respectivas distâncias em quilômetros. 630
Figura 222 - Localização do transecto amostral na EA1 – Fazenda Serra do Veleda 631
Figura 223 - Localização do transecto amostral na EA2 – Fazenda Três Lagoas 632
Figura 224 - Localização do transecto amostral na EA3 – Fazenda Candiota 633
Figura 225 - Localização do transecto amostral na EA4 – Chácara Santa Clara 634
Figura 226 - Localização do transecto amostral na EA5 – Fazenda Santa Rita 635
Figura 227 - *Ranking* das principais famílias botânicas com maior número de espécies, amostradas nas quatro campanhas 645
Figura 228 - Variação dos valores de riqueza de espécies, de cada EA, nas quatro estações do ano (1ª campanha nov/2022; 2ª campanha fev/2023; 3ª campanha mai/2023 e 4ª campanha set/2023) 646
Figura 229 - Comparação entre os valores de riqueza média, para cada EA, entre os períodos de 2019-2020, 2020-2021,2021-2022 e 2022-2023 646

Figura 230 - Variação dos valores de riqueza média, para cada EA, de 2017 até 2023 647
Figura 231 - Variação no número total de táxons identificados no conjunto de EAs, nos anos de 2017 a 2023. 647
Figura 232 - Precipitação total mensal (em mm) no período compreendido entre janeiro de 2019 e setembro de 2023. 659
Figura 233 - Precipitação total mensal (em mm) no período compreendido entre agosto de 2022 e agosto de 2023.. 659
Figura 234 - Correlação entre os valores de precipitação total mensal (em mm – eixo x), agrupando-se os valores médios dos últimos três meses com os valores médios de riqueza de espécies (eixo y), no período compreendido entre janeiro de 2019 e agosto de 2023 660
Figura 235 - Sobreposição entre os valores de precipitação total mensal com os valores de riqueza média de espécies (eixo *y*), no período compreendido entre janeiro de 2019 e agosto de 2023 661
Figura 236 - *Chaptalia arechavaletae*, Fotografias de Andrés González, *in:* Fotos da Flora Nativa e Adventícia de Uruguay 662
Figura 237 - *Pfaffia gnaphaloides* (Amaranthaceae) na EA5 Fazenda Santa Rita. Fevereiro de 2022. A espécie é classificada na categoria Quase Ameaçada –NT, no anexo III da Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul (Decreto Estadual nº 52.109 de 19 de dezembro de 2014). 663
Figura 238 - Vista geral da área de amostragem na EA4 (Chácara Santa Clara), mostrando a situação anterior à infestação por *Eragrostis plana.* Outubro de 2011. 666
Figura 239 - Vista geral da área de amostragem na EA4 (Chácara Santa Clara), aproximadamente no mesmo ângulo da foto anterior, mostrando a situação 30 meses depois, com a área já intensamente infestada por *Eragrostis plana*. Abril de 2014. 667
Figura 240 - EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de julho de 2013, mostrando a área ainda com a cobertura vegetal nativa relativamente preservada. 668
Figura 241 - EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de novembro de 2016, mostrando os efeitos de uma aplicação recente de herbicida, destinada ao preparo inicial da cultura da soja no local. 668
Figura 242 - EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de janeiro de 2017 mostrando a cultura de soja na área 669
Figura 243 - EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de fevereiro de 2019, mostrando a cobertura vegetal após o final da cultura da soja no local. 669
Figura 244 - EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de agosto de 2021, mostrando a invasão local por *Eragrostis plana.* 670
Figura 245 - EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de agosto de 2022, mostrando a situação atual da invasão por *Eragrostis plana* 670
Figura 249 - Número de espécies de aves registrado em cada estação amostral (EA) nas campanhas realizadas em dezembro de 2022 (1), março de 2023 (2), junho de 2023 (3) e agosto de 2023 (4). 743
Figura 250 - Número de espécies de aves registrado nas campanhas realizadas entre dezembro de 2022 e agosto de 2023 nas cinco estações amostrais (EA) do monitoramento de fauna terrestre da Usina Termoelétrica Pres. Médici, Candiota, RS 744
Figura 251 - Análise de agrupamento das EA (1 a 5) em função da abundância e composição da avifauna nas campanhas realizadas entre dezembro de 2022 a agosto de 2023. 745

Figura 252 - Dendrograma (UPGMA) das cinco Estações amostrais descritas pelas espécies de anfíbios. Através da autoreamostragem (Bootstrap) (p = 1). Áreas; 1= E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); 2=E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); 3=E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); 4=E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); 5=E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste). 763
Figura 254 - Dendrograma (UPGMA) das cinco Estações amostrais descritas pelas espécies de répteis. Através da autoreamostragem (Bootstrap) (*p* = 1). Áreas; 1= E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); 2=E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); 3=E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); 4=E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); 5=E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste) 764
Figura 255 - Análise de correspondência baseada nos dois primeiros eixos classificando as áreas baseado na riqueza e abundância de anfíbios: Areas; Estação amostral 1: E.A.1, Estação amostral 2: E.A.2, Estação amostral 3: E.A.3, Estação amostral 4: E.A.4, Estação amostral 5: E.A5. Anfíbios; *Bopu*: *Boana pulchella*, *Demi*: *Dendropsophus minutus*, *Psmi*: *Pseudis minutus, Scfu Scinax fuscovarius, Lelu: Leptodactylus luctator, Legr: Leptodactylus gracilis, Phbi: Physalaemus biligonigerus*. 765
Figura 256 - Número de espécies de anfíbios registradas em cada Estação amostral para cada campanha; E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste) 766
Figura 257 - Número de espécies de répteis registrados em cada Estação amostral para cada campanha; E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste) 766
Figura 258 - Área de extração de carvão ao lado da unidade amostral Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas) 769
Figura 259 - Localização das estações de amostragens, direção e velocidade do vento predominante correspondente ao período que antecede as quatro campanhas de amostragem (primavera, verão, outono e inverno). Dados INMET estação automática A827- Bagé. 778
Figura 260 - (A) *Usnea florida;* (B) preparação dos liquens antes da exposição e (C) liquens expostos. 779
Figura 261 - (A) coleta das herbáceas biomonitoras; (B) amostras identificadas em sacos plásticos 781
Figura 262 - Incrementação dos teores em *P. tintorum*: (A) enxofre; (B) flúor; (C) zinco. 783
Figura 263 - Incrementação dos teores em *U. florida*: (A) enxofre; (B) flúor;(C) zinco. 784
Figura 265 - Distribuição dos valores de (A); enxofre; (B) zinco nas três herbáceas biomonitoras, nas quatro campanhas amostrais referentes ao último contrato. 786
Figura 266 - Correlações significativas de Spearman entre o solo e as herbáceas coletados na primavera. Enxofre (S), zinco (Zn) e chumbo (Pb). 787
Figura 267: Distribuição dos dados de enxofre: (A) *B. trimera;* (B) *E. mollis;* (C) *P. notatum*, * estação de referência, dados de novembro de 2016 a agosto de 2023. 789
Figura 268: Distribuição dos valores de zinco em (A) *B. trimera;* (B) *E. mollis;* (C) *P. notatum*, letras diferentes indicam diferença estatística, * estação de referência, (- -) valor tóxico para plantas (Bahlsberg-Pahlsson, 1989). Dados de novembro de 2016 a agosto de 2023. 790
Figura 269: Distribuição dos valores de chumbo em (A) E. mollis e (B) P. notatum, letras diferentes indicam diferença estatística, * estação de referência, (- -) valor tóxico para plantas (Kabata-Pendias, 2011). Dados de novembro de 2016 a agosto de 2023 791

Figura 270 - Distribuição dos valores de cádmio em *E. mollis*, letras diferentes indicam diferença estatística, * estação de referência, (- -) valor tóxico para plantas (Kabata-Pendias, 2011). Dados de novembro de 2016 a agosto de 2023. 792
Figura 271 - Distribuição dos valores máximos e mínimos para *E. mollis* e suas respectivas EAs, dados de novembro de 2016 a agosto de 2023: (A) cádmio; (B) chumbo; (C) zinco; (D) IPM. EAs com valores mínimos seguido de * indicam que mais de uma estação registrou valores mínimos (dados não apresentados). 794
Figura 272 - Distribuição de valores máximos e mínimos para B. trimera: (A) cádmio;; (B) chumbo. P. notatum: (C) chumbo, (D) flúor. EAs com valores mínimos seguido de * indicam que mais de uma estação registrou valores mínimos. Ausência de EAs nos valores mínimos indica que todas apresentaram valores não detectáveis, (dados não apresentados). 796
Figura 273 - Unidades amostrais para monitoramento (pontos azuis) onde o círculo amarelo representa um raio de 5 Km de distância da usina e o vermelho, 10 km. 807
Figura 274 – Exemplo de campo baixo 808
Figura 275 – Exemplo campo alto 809
Figura 276 - Rebanho ovino (EA4) 810
Figura 277 – Ovinos encaminhados ao brete (EA2) 811
Figura 278 – Exame da cavidade bucal de ovinos 812
Figura 279 - Coleta de extrato vegetal (Paspalum notatum) 813
Figura 280 - coleta de solo 814
Figura 281 – Exemplo de mosqueamento 815
Figura 282 – Desgaste excessivo com exposição de polpa dental 815
Figura 283 – Desgaste dos incisivos em meia lua. 816
Figura 284 - Presença de dente quebrado 816
Figura 285 – Anotando em planilha as patologias observadas na cavidade bucal de ovinos e fotografando os dentes incisivos para determinação do índice de mosqueamento 817
Figura 286 - Modelo para determinação do índice de mosqueamento 818
Figura 287- Quantificação de Fluoreto em planta, segundo a EA e estação climática 820
Figura 288- Quantificação de Sílica em planta, segundo a EA e estação climática 820
Figura 289- Quantificação de Fluoreto em amostras de solo nas Eas monitoradas. 821
Figura 290- Quantificação de Sílica em amostras de solo, segundo a estação climática e a EA monitorada. 823
Figura 291 – Número médio de dentes de ovinos por EA. 824
Figura 292 – Ocorrência de patologias na cavidade bucal de ovinos 824
Figura 293– Frequência de desgaste excessivo (rasado) ou oblíquo e ovinos 825
Figura 294– Campo tomado por capim anono (Aragostis plana Nees) 827
Figura 295-Índice de mosqueamento mínimo e máximo, por EA. 827
Figura 296 – Frequência do Indice de mosqueamento por EA. 828

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 40

2. PROGRAMA DE MONITORAMENTO PARA O AMBIENTE AQUÁTICO 41

2.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 41

2.2. REDE DE MONITORAMENTO AMBIENTAL PARA O AMBIENTE AQUÁTICO 43

2.3. MONITORAMENTO DA ÁGUA SUPERFICIAL 45

2.3.1. Metodologia 45

2.3.2. Coleta e Preservação das Amostras 46

2.3.3. Toxicidade das Águas Superficiais 48

2.3.4. Métodos Analíticos 49

2.3.5. Índice de parâmetros mínimos para a preservação da vida aquática (IPMCA) 49

2.3.6. Índice de Qualidade da Água 52

2.3.7. Resultados e Discussão 53

2.3.8. Índices de Qualidade das Águas – IQA 69

2.3.9. IPMCA 71

2.3.10. Resultados e Considerações para a Toxicidade das Águas Superficiais 72

2.3.11. Índice de toxicidade 74

2.3.12. Média do Índice de toxicidade por estação do ano 76

2.3.13. Índice de toxicidade do período de estudo 77

2.3.14. Análise matemática da qualidade das águas - cálculo e interpretação do RTR e ARTR 79

2.3.15. Considerações Finais 85

2.3.16. Referências Bibliográficas 87

2.4. MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA 89

2.4.1. Metodologia 94

2.4.2. Análise de Preservação dos Poços 94

2.4.3. Purga dos Poços 95

2.4.4. Coleta das Amostras 99

2.4.5. Variáveis Analisadas 102

2.4.6. Métodos Analíticos 102

2.4.7. Teste de Toxicidade 104

2.4.8. Análise e Interpretação dos Dados 105

2.4.9. Condições de Preservação dos Poços de Monitoramento 109

2.4.10. Condições Climáticas 113

2.4.11. Resultados Analíticos 120

2.4.12. Coliformes Termotolerantes 128

2.4.13. Condutividade Elétrica 130

2.4.14. Cor Verdadeira 133
2.4.15. DBO x DQO 134
2.4.16. Fósforo Total 138
2.4.17. Oxigênio Dissolvido 140
2.4.18. Óleos e Graxas 141
2.4.19. Fenóis Totais 144
2.4.20. pH 144
2.4.21. Turbidez 146
2.4.22. Metais Totais e Dissolvidos 148
2.4.23. Comparação dos Mapas de IQA Anual com Anos Anteriores 174
2.4.24. Resultados e Considerações para a Toxicidade das Águas Subterrâneas 178
2.4.25. Índice de Toxicidade 181
2.4.26. Média do Índice de Toxicidade por Estação do Ano 182
2.4.27. Índice de Toxicidade do Período de Estudo 184
2.4.28. Conclusões 186
2.4.29. Referências Bibliográficas 190
2.5. SEDIMENTOS 200
2.5.1. Considerações Iniciais 201
2.5.2. Áreas de estudos e amostragem 202
2.5.3. Amostragem e processamento das amostras e análises químicas 206
2.5.4. Avaliação multi-índice 209
2.5.5. Fator de contaminação (CF) 209
2.5.6. Fator de enriquecimento de metais (EF) e índice de geoacumulação (Igeo). 210
2.5.7. Fator de Enriquecimento (EF) 210
2.5.8. Índice de Geoacumulação (IGEO) 212
2.5.9. Índice de Carga de Poluição Potencial (PLI); 213
2.5.10. Grau de Contaminação 214
2.5.11. Grau de Contaminação modificado 214
2.5.12. Índice da Qualidade dos sedimentos (SQGs). (linhas guias da qualidade) 215
2.5.13. Razão de referência (RTR) e Valores Agregados de Referencias (ARTR) 220
2.5.14. Estatística descritiva 223
2.5.15. Análise de correlação 224
2.5.16. Análise de agrupamento (cluster). 227
2.5.17. Análise fatorial (FA) - análise dos componentes principais (PCA). 227
2.5.18. Resultados e discussões 229
2.5.19. Características gerais dos sedimentos 229
2.5.20. Concentrações e distribuições dos metais 234
2.5.21. RTR e ARTR, uma Vigilância Ambiental 249

2.5.22. Avaliação multi-índices 262
2.5.23. Índice de qualidade dos sedimentos, fator de contaminação ou indice de contaminação 263
2.5.24. Índices de geoacumulação 272
2.5.25. Fator de enriquecimento (EF) 277
2.5.26. Índice de carga potencial (pli) 285
2.5.27. Análises estatísticas 292
2.5.28. Análise estatística descritiva 292
2.5.29. Box plot 301
2.5.30. Análise estatística multivariada 332
2.5.31. Análise de correlação 332
2.5.32. Análise de agrupamento 333
2.5.33. Análise dos componentes principais (PCA) dos dados dos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do Arroio Candiota 364
2.5.34. Resultados e Considerações para a toxicidade dos sedimentos 375
2.5.35. Considerações finais e conclusões 382
2.5.36. Bibliografia 418
2.6. BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS 440
2.6.1. Fitoplâncton 440
2.6.1.1. Metodologia de Coleta, Preservação das Amostras e Análises 440
2.6.1.2. Resultados 441
2.6.1.3. Referências bibliográficas 453
2.6.2. Perifiton 455
2.6.2.1. Metodologia de Coleta, Preservação das Amostras e Análises 455
2.6.2.2. Resultados 456
2.6.2.3. Referências bibliográficas 464
2.6.3. Zooplâncton 466
2.6.3.1. Metodologia de coleta, preservação e de análise dos organismos do zooplâncton 466
2.6.3.2. Resultados e Discussão 468
2.6.3.3. Considerações finais 495
2.6.3.4. Referências bibliográficas 497
2.6.4. Macrofauna Bentônica 500
2.6.4.1. Estratégia amostral 500
2.6.4.2. Resultados e discussão 503
2.6.4.3. Abundâncias 509
2.6.4.4. Abundância Relativa (%AR) dos táxons em cada estação sazonal 511
2.6.4.5. Riqueza de táxons 515
2.6.4.6. Índices Bióticos 520
2.6.4.7. Considerações finais 529

2.6.4.8. Bibliografia 540
2.6.5. Ictiofauna 546
2.6.5.1. Métodos 546
2.6.5.2. Pontos de amostragem 546
2.6.5.3. Coleta, preservação e manuseio das amostras 555
2.6.5.4. Índice de qualidade (IQ) 555
2.6.5.5. Elementos contaminantes 556
2.6.5.6. Resultados e discussão 559
2.6.5.7. Índice de qualidade (IQ) 559
2.6.5.8. Elementos contaminantes 582
2.6.5.9. Bibliografia 622
3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO PARA O AMBIENTE TERRESTRE 623
3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 623
3.2. MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO 628
3.2.1. Métodos 628
3.2.1.1. Amostragem 628
3.2.1.2. Levantamento florístico 636
3.2.2. Procedimento analítico 636
3.2.3. Resultados e comentários 637
3.2.3.1. Composição florística 637
3.2.3.2. Fitossociologia 649
3.2.3.3. Índices de diversidade 653
3.2.3.4. Índice de similaridade 654
3.2.4. Considerações sobre as EAs 654
3.2.5. Espécies ameaçadas 661
3.2.6. Espécies exóticas e espécies exóticas invasoras 664
3.2.7. Qualidade ambiental das EAs 675
3.2.8. Conclusões 677
3.2.9. Considerações finais 678
3.2.10. Relatório fotográfico 681
3.2.11. Referências bibliográficas 728
3.3. MAPEAMENTO DA COBERTURA VEGETAL 732
3.3.1. Metodologia 732
3.3.2. Resultados 732
3.3.3. Bibliografia 734
3.4. MONITORAMENTO DA AVIFAUNA 735
3.4.1. Metodologia 735
3.4.2. Biodiversidade: Resultados e Considerações 736
3.4.3. Comentários Finais 747

3.4.4. Referências Bibliográficas 748
Anexo 1 750
3.5. HERPETOFAUNA 759
3.5.1. Metodologia 759
3.5.2. Análise de dados 760
3.5.3. Resultados 760
3.5.4. Discussão 767
3.5.5. Referências 773
4. BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO AR-FLORA 776
4.1. METODOLOGIA 776
4.2. ÁREA DE ESTUDO 777
4.3. BIOMONITORAMENTO ATIVO 779
4.4. BIOMONITORAMENTO PASSIVO 780
4.5. ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS 781
4.5.1. Resultados 782
4.5.1.1. Biomonitoramento Ativo 782
4.5.1.2. Biomonitoramento Passivo 785
4.5.1.3. Análise do Passivo dados de 2016 a 2023 787
4.6. DISCUSSÃO 797
4.7. CONCLUSÃO 800
4.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 800
4.9. ANEXOS 802
5. ATIVIDADE PECUÁRIA 805
5.1. DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES AMOSTRAIS E PARÂMETROS DE MONITORAMENTO 805
5.2. METODOLOGIA 806
5.3. ÁREA DE ESTUDO 807
5.4. AMOSTRAGEM 809
5.4.1. Animais: rebanhos ovino e bovino 810
5.4.2. Estrato vegetal (pastagem) 812
5.4.3. Solo 813
5.4.4. Pesquisa bibliográfica 814
5.5. METODOLOGIAS DE ANÁLISE 814
5.5.1. Rebanho 814
5.5.2. Estrato vegetal (pastagem) e solo 818
5.5.3. Pesquisa bibliográfica 819
5.6. RESULTADOS 819
5.6.1. Estrato vegetal 819

5.6.1.1. Fluoretos 819
5.6.1.2. Sílica 820
5.6.2. Solo *821*
5.6.2.1. Fluoretos 821
5.6.2.2. Sílica 822
5.6.3. Animais *823*
5.6.4. Revisão Bibliográfica *829*
5.7. REFERÊNCIAS 832

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta os resultados das avaliações do período de primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023, do monitoramento ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, tendo como centro geográfico a Usina Termelétrica Presidente Médici em Candiota, Rio Grande do Sul.

O monitoramento ambiental se constitui em um processo de coleta e análise de dados ambientais, buscando compreender e acompanhar as mudanças ao longo do tempo da área estudada. No caso, uma ferramenta importante para compreender as influências das atividades humanas, bem como para identificar tendências e padrões que podem informar e subsidiar a tomada de decisões, no contexto do processo de gestão ambiental, por parte da empresa proprietária da Usina Termelétrica Presidente Médici.

O principal objetivo do monitoramento ambiental é determinar o estado atual do meio: como a qualidade do ar, água, solo e biodiversidade circundante, a fim de compreender melhor as atuais circunstâncias ambientais.

2. PROGRAMA DE MONITORAMENTO PARA O AMBIENTE AQUÁTICO

O Programa de Monitoramento para o Ambiente Aquático: águas superficiais, águas subterrâneas, sedimentos e fauna e flora aquáticas faz parte do conjunto de Planos Ambientais associados aos diversos compartimentos ambientais considerados frente a atividade monitorada. Esse relatório final apresenta os resultados compilados das coletas e análises realizadas no período de outubro de 2022 a setembro de 2023.

O ambiente aquático tem uma rede de monitoramento comum para os compartimentos: Água Superficial, Sedimentos e Bioindicadores ambientais (Fitoplâncton, Perifíton, Zooplâncton, Macrofauna Bentônica e Ictiofauna).

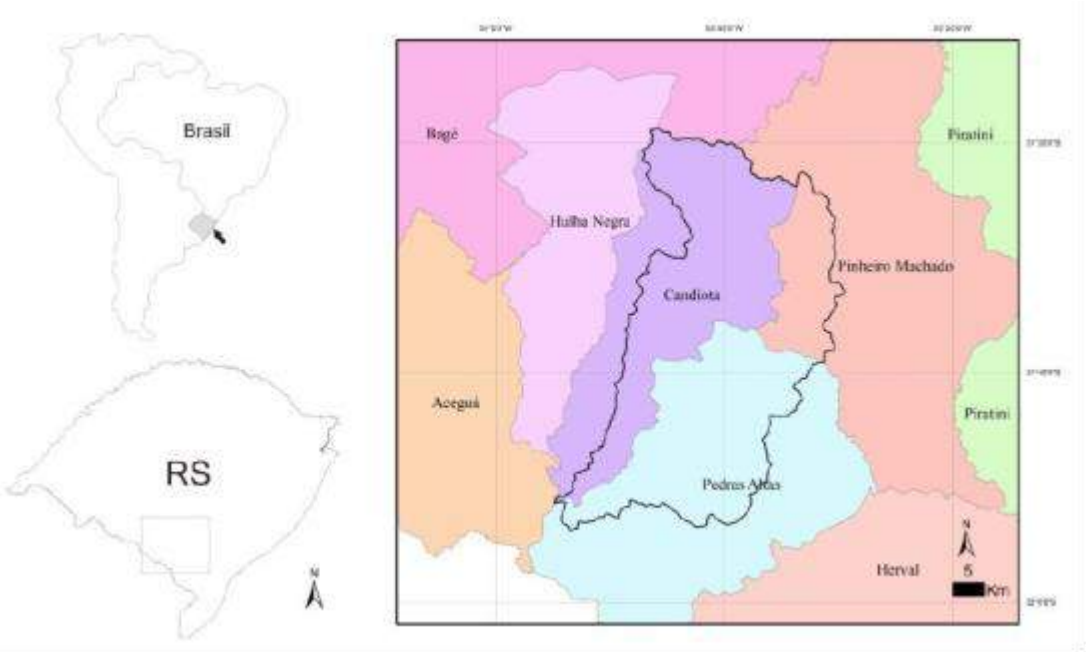
Para o ambiente terrestre, a rede de monitoramento, sempre que possível, é comum para os compartimentos: Fauna Local (Herpetofauna e Avifauna), Flora Local, Bioindicadores para a Qualidade do Ar e Solo com seu Estrato Vegetal para atividades pecuárias.

As estações amostrais e o monitoramento, para os diversos compartimentos, estão de acordo com o "PROGRAMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DA REGIÃO DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA DE CANDIOTA, MUNICÍPIO DE CANDIOTA/RS", elaborado em agosto de 2006 por solicitação da CGTEE, e mais recentemente pelo termo de referência qual rege o contrato envolvendo o ano de 2022 e 2023, com intervalos de três meses.

2.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Arroio Candiota, situada entre as coordenadas geográficas 31º53'48.13" S; 53º54'54" W e 31º19'1.19" S; 53º29'1.69" W, abrange os municípios de Candiota, Pedras Altas e Pinheiro Machado. Na Figura 1 apresenta-se o mapa de situação da área, pertence a bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo, cujos principais usos da água se destinam a irrigação, abastecimento humano e dessedentação animal.

Figura 1- Mapa de Localização da área de estudos bacia hidrográfica do Arroio Candiota



Fonte: modificado de Farias (2014)

O clima na região é do tipo Cfa (subtropical, com precipitações durante o ano inteiro, segundo a classificação de Köppen). A classificação do clima Cfa pode ser desmembrada. A letra “C” define climas mesotérmicos (temperatura média do mês mais frio inferior a 18 ºC e superior a -3ºC, ao menos um mês com média igual ou superior a 10ºC). A letra “f” se refere ao clima ser sempre úmido (mês menos chuvoso com precipitação superior a 60 mm). A letra “a” indica verões quentes (mês mais quente com média igual ou superior a 22ºC).

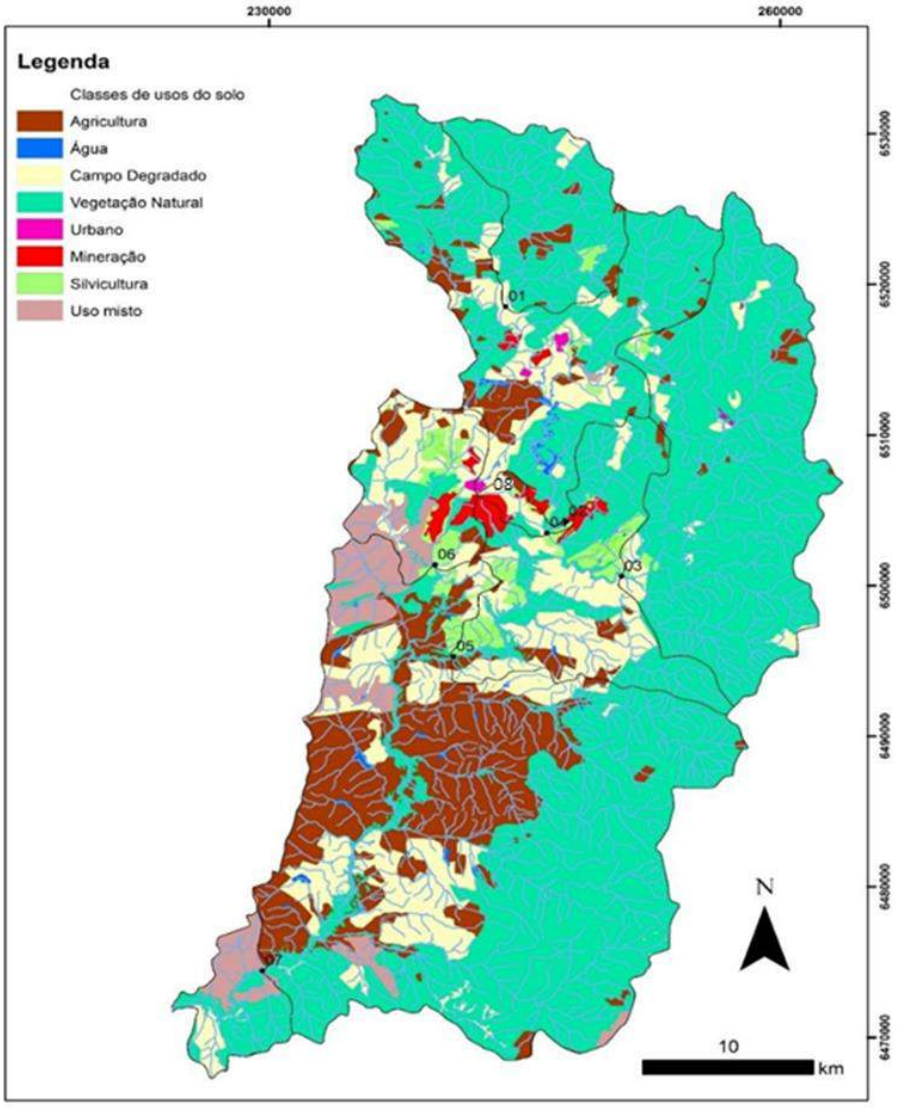
A pluviosidade média anual é 1122 mm e a chuva tende a ser bem distribuída ao longo no ano, porém nos meses de março e maio a quantidade de chuvas é menor enquanto nos meses de fevereiro, junho e novembro há picos de chuva, havendo pouca variação espacial na pluviometria da região.

Essa descrição se baseia na média da pluviometria mensal, entre julho de 2005 e junho de 2013, de quatro estações meteorológicas. As estações Aeroporto (31°29'42.80"S, 53°41'38.00"O), Candiota (31°32'35.77"S, 53°42'55.87"O) e Aceguá (31°51'51.85"S, 54° 9'43.71"O) fazem parte da rede de monitoramento ambiental da Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica - Eletrobrás CGTEE. A Estação Bagé (31º34’ 46.8” S; 54º01’19.8”O) compõe a malha de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

2.2. REDE DE MONITORAMENTO AMBIENTAL PARA O AMBIENTE AQUÁTICO

A localização das Estações Amostrais foi definida no PROGRAMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL. A Figura 2 apresenta os pontos de monitoramento do ambiente aquático.

Figura 2 - Distribuição das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento, utilizando com fundo as classes de uso do solo, incluindo a estação 8 – no lançamento do efluente.



Abaixo, o Quadro 1 apresenta as estações amostrais e sua respectiva localização geográfica, além de características locais, identificadas nas amostragens em campo.

Quadro 1 - Localização das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Aquático

Estação Amostral	Curso d´água	Descrição das Estações Amostrais
P 1	Arroio Candiota	Estação à montante da BR 293, visando ser a estação amostral de referência Coordenadas UTM 22J 6518528 / 243952
P 2	Arroio Candiota	Estação à jusante da Barragem I, da Barragem Velha e de um Wetland que recebe o esgoto da vila, visando avaliar todas as atividades desenvolvidas à montante da contribuição dos efluentes hídricos da Usina. Coordenadas UTM 22J 6506688 / 246690
P 3	Arroio Candiotinha	Estação à montante do deságue no Arroio Candiota, visando avaliar as atividades das indústrias cimenteiras no corpo receptor, além do cultivo de eucalipto Coordenadas UTM 22J 6500592 / 250676
P 4	Arroio Candiota	Estação à montante do deságue do esgoto da usina Arroio Candiotinha, visando avaliar as atividades desenvolvidas à montante da contribuição dos efluentes hídricos da Usina Coordenadas UTM 22J 6503415 / 246365
P 5	Arroio Candiota	Estação à jusante do deságue do Arroio Candiotinha, visando avaliar as atividades da Usina no corpo receptor Coordenadas UTM 22J 6495108 / 240637
P 6	Arroio Poacá	Estação após contribuição da Sanga da Carvoeira, visando avaliar as atividades de mineração de carvão no corpo receptor Coordenadas UTM 22J 6501568 / 239615
P 7	Arroio Candiota	Estação após a foz do Arroio Poacá e à jusante de todas as fontes consideradas potencialmente geradoras de impactos ambientais Coordenadas UTM 22J 6474399 / 229614
P 8	Arroio Sem Nome	Estação amostral acrescentada por solicitação expressa em relato interpretativo do IBAMA – lançamento do efluente tratado da termelétrica Coordenadas UTM 22J 6505818,92 / 244627,54

2.3. MONITORAMENTO DA ÁGUA SUPERFICIAL

Responsável técnico: Nelson Augusto Flores Machado - CREA Nº 48595

A vida humana é extremamente dependente da água, pois ela proporciona múltiplos usos indispensáveis a nossa sobrevivência, tais como: o consumo humano, o abastecimento industrial, a irrigação, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação, assim como a preservação da vida aquática (BARROS et al., 2012 apud COSTA, 2016).

Tendo em vista que a água é um dos principais recursos naturais disponíveis para a sociedade (SAAD et al. 2007 apud COSTA, 2016), é importante compreender a dinâmica das águas, além de entender quais fatores interferem em sua qualidade e quantidade para que se possa planejar o seu uso.

O monitoramento da qualidade da água é um instrumento essencial para a gestão ambiental, uma vez que permite conhecer o comportamento da qualidade das águas de uma bacia hidrográfica no tempo e no espaço, permitindo que o diagnóstico possa indicar possíveis impactos dos diferentes usos do solo no seu entorno, compreendendo as respostas do ecossistema aquático aos impactos antrópicos na sua área de drenagem ou de influência.

Esse relatório final apresenta os resultados compilados relativos às coletas realizadas entre os meses de novembro de 2022 e agosto de 2023, bem como a interpretação destes no monitoramento da água superficial da área de influência direta da Usina Termelétrica de Candiota.

2.3.1. Metodologia

As estações amostrais foram identificadas no Quadro 1, apresentado anteriormente. Os parâmetros analisados nas águas superficiais estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Parâmetros analisados nas Águas Superficiais

Condutividade Elétrica ($\mu S.cm^{-1}$)
Coliformes termotolerantes ($NMP.100\ mL^{-1}$)
Cor Aparente (U.C)
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) ($mg\ O_2.L^{-1}$)
Fenóis totais ($mg\ Fenóis.L^{-1}$)
Fósforo Total ($mg\ P.L^{-1}$)
Nitrogênio Amoniacal ($mg\ NH3\text{-}N.L^{-1}$)
Nitrato ($mg\ N\text{-}NO3.L^{-1}$)
Alumínio Dissolvido ($mg\ Al.L^{-1}$)
Arsênio Total (mg As.L-1)
Cádmio Total ($mg\ Cd.L^{-1}$)
Chumbo Total ($mg\ Pb.L^{-1}$)
Cobre Dissolvido ($mg\ Cu.L^{-1}$)
Cromo Total ($mg\ Cr.L^{-1}$)
Ferro Dissolvido ($mg\ Fe.L^{-1}$)
Manganês Total ($mg\ Mn.L^{-1}$)
Mercúrio Total ($mg\ Hg.L^{-1}$)
Níquel Total ($mg\ Ni.L^{-1}$)
Zinco Total ($mg\ Zn.L^{-1}$)
Oxigênio Dissolvido ($mg\ O_2.L^{-1}$)
Óleos e Graxas ($mg\ OG.L^{-1}$)
pH
Sólidos Dissolvidos Totais ($mg.L^{-1}$)
Sulfetos ($mg.L^{-1}$)
Surfactantes ($mg\ MBAS.L^{-1}$)
Temperatura ($^{\circ}C$)
Toxicidade Aguda e Crônica com *Selenastum capricornutum*
Toxicidade Aguda e Crônica com *Ceriodaphnia dubia*
Toxicidade Aguda e Crônica com *Pimephales promelas*
Turbidez (NUT)

2.3.2. Coleta e Preservação das Amostras

Os procedimentos de coleta apresentados foram baseados nas orientações da Norma NBR 9898/87 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.

- A coleta foi realizada diretamente nos frascos de coleta, previamente lavados com HNO_3 0,1 M e três vezes com água deionizada;
- O frasco foi ambientado previamente com a água do ponto a ser amostrado;
- A amostra foi coletada mergulhando-se o frasco de coleta a aproximadamente 30 cm abaixo da superfície da água, com a boca voltada contra a corrente (coleta manual);

- Nos casos em que houve necessidade de coletar um grande volume de amostra para ser distribuída em vários frascos, foi empregado um recipiente de transposição, de material quimicamente inerte e garantida a homogeneidade das amostras nos diversos frascos.

O volume de amostra, tipo de frasco para armazenamento, preservação estão apresentados no

Quadro 3 e os métodos analíticos estão descritos no Quadro 4.

Quadro 3 - Especificações técnicas para a preservação de amostras de água superficial

Parâmetro	Frasco	Volume Mínimo	Preservação
Condutividade	P, V	500 mL	Refrigerar a 4ºC
Coliformes termotolerantes (*E. coli*)	V	Mais que 100 mL	Refrigerar a <10ºC. Adicionar 0,3 mL para 120 mL de amostra de EDTA (372 mg/L).
Cor Aparente	V	300 mL	Refrigerar a 4ºC
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5)	P, V	1000 mL	Refrigerar a 4ºC
Fenóis totais	P, V	500 mL	H_2SO_4 conc. até pH<2. Refrigerar a 4ºC
Fósforo Total	V	200 mL	H_2SO_4 conc. até pH<2. Refrigerar a 4ºC
Nitrato	P, V	100 mL	Refrigerar a 4ºC
Nitrogênio Amoniacal	P, V	1000 mL	Refrigerar a 4ºC
Metais dissolvidos: Al, Fe, Cu	P, V	1000 mL	Refrigerar a 4ºC e filtração em membrana de 0,45 µm
Metais totais: As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Zn	P,V	1000mL	HNO_3 conc. até pH<2. Refrigerar a 4ºC
Metais totais: Hg	P, V	500 mL	2 mL sol. K_2CrO_7 a 20% em sol. HNO_3 1:1. Refrigerar a 4ºC
Oxigênio Dissolvido	-	-	Medir em campo.
pH	-	-	Medir em campo
Sólidos Dissolvidos Totais	P, V	1000 mL	Refrigerar a 4ºC
Sulfetos	P, V	100 mL	Adicionar 4 gotas de acetato de zinco 2N/100 mL e NaOH até pH > 9. Refrigerar a 4 oC.
Surfactantes	P, V	250 mL	Refrigerar a 4ºC
Temperatura	-	-	Medir em campo
Toxicidade crônica com *P. subcaptata*	P	5 L	Refrigeração por 48 horas e congelamento até 60 dias
Toxicidade crônica com *C. dubia*	P	5 L	Refrigeração por 48 horas e congelamento até 60 dias
Toxicidade crônica com *P. promelas*	P	20 L	Refrigeração por 48 horas e congelamento até 60 dias
Turbidez	P, V	200 mL	Refrigerar a 4ºC e manter ao abrigo da luz
P= plástico, V=vidro			

Quadro 4 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de Água Superficial.

PARÂMETRO	MÉTODO	REFERÊNCIA
Condutividade	Condutometria	Standard Methods 22ed./2012 - 2510 B
Coliformes Termotolerantes	Sobstrato cromogênico	Standard Methods 22ed./2012 - 9223 B-2b
Cor aparente	Comparação visual	Standard Methods 22ed./2012 - 2120 B
Demanda Bioquimica de Oxigênio	Método Winkler	Standard Methods 22ed./2012 - 5210 B
Fenóis totais	Absorciometria	Standard Methods 22ed./2012 - 5530 B
Fósforo total	Absorciometria com ácido ascórbico	Standard Methods 22ed./2012 - 4500 P E
Nitrato	Cromatografia Iônica	EPA 9056 A / 2007
Nitrogênio amoniacal	Destilação e Nesslerização	Standard Methods 22ed./2012 - 4500 NH_3
Metais dissolvidos: Al, Fe, Cu	Espectrometria de Emissão atômica/Plasma	EPA 200.7/2001
Metais totais: As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Zn, Hg	Espectrometria de Emissão atômica/Plasma	EPA 200.7/2001
Óleos e graxas	Gravimetria-extração com soxhlet	Standard Methods 22ed./2012 - 5520 D
Oxigênio dissolvido	Método potenciométrico/oxímetro	Standard Methods 22ed./2012 - 4500 O
pH	Método potenciométrico/pHmetro	NBR 14339/1999
Sólidos dissolvidos totais	Gravimetria-secagem a 180 oC	Standard Methods 22ed./2012 - 2540 C
Sulfetos	Absorciometria-azul de metileno	Standard Methods 22ed./2012 - 4500 S^{-2} D
Surfactantes	Absorciometria-azul de metileno/MBAS	Standard Methods 22ed./2012 - 5540 C
Temperatura	Termometria	NBR 9898/87
Toxicidade Crônica com *Pimephales promelas*	Ensaios de Toxicidade aquática	ABNT NBR 15499/2022
Toxicidade Crônica com *Ceriodaphnia dubia*	Ensaios de Toxicidade aquática	ABNT NBR 13373:2022
Toxicidade Crônica com *Raphidocelis subcapta*	Ensaios de Toxicidade aquática	ABNT NBR 12648/2023

Os relatórios de ensaio referentes a estas coletas estão em anexo, apresentando a metodologia e os limites de quantificação de cada método utilizado para todos os parâmetros.

2.3.3. Toxicidade das Águas Superficiais

Os parâmetros analisados, as condições de preservação e os prazos de encaminhamento ao laboratório analítico são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Parâmetros analisados, preservação e prazo de encaminhamento das amostras coletadas

Parâmetro	Frasco	Preservação	Prazo de Entrega
Toxicidade aguda e crônica	Container Plástico	Refrigeração inferior a 10°C	<36h

2.3.4. Métodos Analíticos

As metodologias analíticas utilizadas para a avaliação da toxicidade das amostras de água superficial estão descritas no Quadro 6.

Quadro 6 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de águas superficiais

Parâmetro	**Metodologia**	**Referência**
Toxicidade crônica com o peixe *Pimephales promelas*	Ensaios de Toxicidade Crônica	ABNT NBR 15499/2022
Toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*	Ensaios de Toxicidade Crônica	ABNT NBR 13373:2022
Toxicidade crônica com a alga *P. subcaptata*	Ensaios de Toxicidade Crônica	ABNT NBR 12648:2023

2.3.5. Índice de parâmetros mínimos para a preservação da vida aquática (IPMCA)

O IPMCA tem o objetivo de avaliar a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora em geral. Leva em consideração a presença e concentração de contaminantes químicos tóxicos, seu efeito sobre os organismos aquáticos (toxicidade) e dois dos parâmetros considerados essenciais para a biota (pH e oxigênio dissolvido), CETESB, 2015.

O IPMCA é composto por dois grupos de parâmetros:

- grupo de substâncias tóxicas (cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes e fenóis). Neste grupo foram incluídos os parâmetros que identificam o nível de contaminação por substâncias potencialmente danosas às comunidades aquáticas.
- grupo de parâmetros essenciais (oxigênio dissolvido, pH e toxicidade).

Para cada parâmetro analisado foram estabelecidos três diferentes níveis, para os quais são feitas as ponderações numéricas de 1, 2 e 3. Esses diferentes níveis constam no Quadro 7, sendo que os de ponderação 1 correspondem aos padrões de qualidade de água, atualizados para a legislação CONAMA 357/2005. Os níveis relativos às ponderações 2 e 3 foram obtidos das

legislações americana (EPA) e francesa (CODE PERMANENT: ENVIRONMENT ET NUISANCES), as quais estabelecem limites máximos permissíveis de substâncias químicas, na água, para evitar efeitos crônicos e agudos à biota aquática, respectivamente.

Essas ponderações têm o seguinte significado:

- Ponderação 1: águas com características necessárias para manter a sobrevivência e a reprodução dos organismos aquáticos, retirados da CONAMA 357;
- Ponderação 2: águas com características necessárias para a sobrevivência dos organismos aquáticos, porém a reprodução pode ser afetada a longo prazo, obtidos da legislação americana e francesa;
- Ponderação 3: águas com características que podem comprometer a sobrevivência dos organismos, obtidos da legislação americana e francesa.

Em função dos níveis detectados nas amostras de água e suas respectivas ponderações, calcula-se o IPMCA da seguinte forma:

$$IPMCA = A \times B$$

Onde:

A = valor da maior ponderação do grupo de parâmetros essenciais;

B = Valor médio das três maiores ponderações do grupo de substâncias tóxicas. Este valor é um número inteiro e o critério de arredondamento deverá ser o seguinte: valores menores que 0,5 devem ser arredondados para baixo e valores maiores ou iguais a 0,5 devem ser arredondados para cima.

Utilizando essa metodologia, o valor do IPMCA pode variar de 1 a 9. Para efeito de classificação das águas, o IPMCA foi subdividido em quatro níveis, de acordo com o significado relativo às ponderações, conforme descritos abaixo:

IPMCA	**Classificação da Água**
1	Boa (Adequada)
2	Regular
3 e 5	Ruim
> = 5	Péssima

Quadro 7 - Parâmetros e ponderações utilizados para a determinação do IPMCA

		Níveis	Ponderação
Parâmetros	Oxigênio dissolvido ($mg.L^{-1}$)	> 5	1
Essenciais		3 a 5	2
		< 3	3
	pH	6 – 9	1
		5 a 6 e 9 a 9.5	2
		< 5 e > 9.5	3
	Toxicidade	não tóxico	1
		Efeito crônico	2
		Efeito agudo	3
Substâncias	Cádmio total ($mg.L^{-1}$)	< 0.001	1
Tóxicas		0.001 a 0.005	2
		> 0.005	3
	Cromo total ($mg.L^{-1}$)	< 0.05	1
		0.05 a 1	2
		> 1	3
	Cobre dissolvido($mg.L^{-1}$)	< 0.009	1
		0.009 a 0.05	2
		> 0.05	3
	Chumbo total ($mg.L^{-1}$)	< 0.01	1
		0.01 a 0.08	2
		> 0.08	3
	Mercúrio total ($mg.L^{-1}$)	< 0.0002	1
		0.0002 a 0.001	2
		> 0.001	3
	Níquel total ($mg.L^{-1}$)	< 0.025	1
		0.025 a 0.160	2
		> 0,160	3
	Fenóis totais ($mg.L^{-1}$)	< 0.003	1
		0.003 a 0.05	2
		> 0.05	3
	Surfactantes ($mg.L^{-1}$)	< 0.5	1
		0.5 a 1	2
		> 1	3
	Zinco total ($mg.L^{-1}$)	< 0.18	1
		0.18 a 1	2
		> 1	3

2.3.6. Índice de Qualidade da Água

Para o cálculo do IQA, foi utilizado o método desenvolvido pela NSF (National Sanitation Foundation), modificado pelo COMITÊSINOS em 1990 para ser utilizado na Região Sul, que incorpora 8 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas tendo como determinante principal a utilização delas para abastecimento.

O IQA é determinado pelo produtório ponderado dos sub-índices de qualidade correspondentes aos parâmetros constantes do Quadro 9, com seus respectivos pesos ponderais:

Quadro 8 - Parâmetros constantes do IQA

Parâmetro (qi)	Peso ponderal (wi)
pH	0,13
Saturação do oxigênio	0,19
DBO_5	0,11
Sólidos totais	0,09
Fósforo total	0,11
Nitrato	0,11
Turbidez	0,09
Coliformes termotolerantes	0,17

Modelo produtório para o cálculo do IQA:

$$IQA = \sum qi^{wi}$$

Onde:

wi = peso relativo do iésimo parâmetro

qi = qualidade relativa do iésimo parâmetro

i = número de ordem do parâmetro (1 a 8)

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas que, indicada pelo IQA, numa escala de 0 a 100, é classificada para abastecimento público, segundo a gradação do Quadro 8.A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas que, indicada pelo IQA, numa escala de 0 a 100, é classificada para abastecimento público, segundo a gradação do Quadro 9.

Quadro 9 - Faixas de Qualidade de água - CETESB

Resultado (IQA)	Faixas de Qualidade
80 - 100	Ótima
52 - 79	Boa
37 - 51	Aceitável
20 - 36	Ruim
0 - 19	Péssima

2.3.7. Resultados e Discussão

Os Quadros 9 até 13 apresentam os resultados analíticos para todo o período avaliado, obtidos para cada parâmetro físico, químico e microbiológico. Todos os resultados foram comparados com os Padrões de Qualidade para Águas Superficiais estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 de 2005. Os Quadros 14 até 17 apresentam a classificação da qualidade das águas, definida pela Resolução Conama no. 357/2005.

Metais como arsênio total, cádmio total e o cobre dissolvido não foram detectados nas análises químicas realizadas com as amostras coletadas nos diferentes pontos de coleta na bacia hidrográfica do arroio Candiota. Estes resultados se repetem a cada novo período de monitoramento e têm se mostrado assim no decorrer dos anos. Exceção deve ser apontada para o chumbo total que foi detectado, porém em concentrações abaixo do limite para classe 1 nos pontos P1 e P4 em fevereiro de 2023 (0,007 mg. L^{-1} e 0,00937 mg. L^{-1}, respectivamente). Também o cromo total foi detectado somente em maio de 2023, também com valores menores do que o limite estabelecido para classe 1.

O Mercúrio total também se apresentou, nos quatro períodos amostrais, com valores abaixo do limite estabelecido para a classe 1. Já o cromo total classificou o ponto 8 como classe 3 em fevereiro de 2023.

Quadro 10 - Resultados analíticos das variáveis físicas e químicas realizadas nas amostras coletadas em novembro de 2022 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	0,0731	0,1	0,0825	0,0925	0,0864	0,308	0,0621	0,198
Arsênio Total (mg As.L-1)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Condutividade uS/cm à 25°C	28	35	49	47	115	360	87	177
Cor Aparente U.C	97,2	98	80,1	76,9	41,2	< 10	72	37,9
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O_2.L^{-1})	< 2	3,7	< 2	3,13	3,23	2,94	2,56	2,56
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	550	40	340	140	91	8,6	300	260
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	0,677	0,474	0,334	0,396	0,123	0,0888	0,231	< 0,006
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,557
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,125	0,0684	0,0467	0,0419	0,13	1,46	0,0645	0,0706
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	< 0,0001	0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,0363	< 0,006	< 0,006
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	1,75	< 0,30	< 0,30
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	< 10	< 10	< 10	14	< 10	< 10	< 10	< 10
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	42	76	58	60	128	528	98	224
Turbidez (ntu)	11,4	10,5	9,71	9	5,72	3,42	9,03	7,44
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,0145	0,0568	< 0,006	0,0142	0,0335	0,0555	0,0209	0,152
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	< 0,001	< 0,001	0,0025	0,0012	0,0029	0,0011	0,0016	0,0024
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	5,5	7,97	5,41	7,97	7,59	7,4	7,59	6,55
pH à 25ºC - Bancada	7,2	7,5	7,8	7,4	8,5	5,5	7,4	7,5
Sulfetos (mg.L^{-1})	0,0014	0,0018	0,0013	0,0025	0,0014	0,0093	0,0013	< 0,001
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Temperatura da Amostra	22	22	21	22	25	23	23	23

Quadro 11 - Resultados analíticos das variáveis físicas e químicas realizadas nas amostras coletadas em fevereiro de 2023 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Alumínio Dissolvido (mg $Al.L^{-1}$)	0,0799	0,0707	0,0745	0,0987	0,0393	0,0735	0,0855	0,115
Arsênio Total (mg As.L-1)	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200
Cádmio Total (mg $Cd.L^{-1}$)	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020
Chumbo Total (mg $Pb.L^{-1}$)	0,007	< 0,00600	< 0,00600	0,00937	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600
Cobre Dissolvido (mg $Cu.L^{-1}$)	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500
Condutividade uS/cm à 25°C	40	99	42	85	100	61	83	443
Cor Aparente U.C	26,6	46,9	112	46,9	34,7	59,6	64,7	85
Cromo Total (mg $Cr.L^{-1}$)	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg $O_2.L^{-1}$)	< 2,00	< 2,00	2,9	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	300,00	30,00	43,00	210,00	200,00	88,00	490,00	98,00
Ferro Dissolvido (mg $Fe.L^{-1}$)	0,42	0,158	0,118	0,15	0,173	0,353	0,248	0,167
Fósforo Total (mg $P.L^{-1}$)	0,0529	< 0,0500	0,0854	0,0562	< 0,0500	< 0,0500	0,0714	1,25
Manganês Total (mg $Mn.L^{-1}$)	0,271	0,113	1	0,0764	0,203	1,65	0,106	0,181
Mercúrio Total (mg $Hg.L^{-1}$)	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Níquel Total (mg $Ni.L^{-1}$)	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	0,0261	< 0,00600	< 0,00600
Nitrato (mg $N\text{-}NO3.L^{-1}$)	< 3,00	< 3,00	< 7,50	< 3,00	< 3,00	4,05	< 3,00	3,66
Nitrogênio Amoniacal (mg $NH_3.L^{-1}$)	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	6,08	< 0,30	< 0,30
Óleos e Graxas (mg $OG.L^{-1}$)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	30	60	96	80	68	914	86	472
Turbidez (ntu)	5,12	3,29	3,87	3,15	5,25	3,34	8	13,8
Zinco Total (mg $Zn.L^{-1}$)	0,0704	0,017	< 0,00600	0,0497	0,0221	0,0141	0,041	0,453
Fenóis totais (mg $Fenóis.L^{-1}$)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Oxigênio Dissolvido (mg $O_2.L^{-1}$)	4,45	6,77	4,64	4,84	6	4,35	5,03	5,81
pH à 25ºC - Bancada	6,71	6,85	7,1	7	6,89	6,84	7,27	7,3
Sulfetos (mg.L^{-1})	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0188	< 0,005	< 0,005
Surfactantes (mg $MBAS.L^{-1}$)	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
Temperatura da Amostra	25	25,6	28,1	28,5	29,5	29	28,5	27,5

Quadro 12 - Resultados analíticos das variáveis físicas e químicas realizadas nas amostras coletadas em maio de 2023 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	1,07	0,359	0,659	0,952	0,751	1,91	0,343	0,597
Arsênio Total (mg As.L-1)	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	< 0,00020	< 0,00020	< 0,005	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500
Condutividade uS/cm à 25°C	60,1	79,3	65,8	243	359	643	326	340
Cor Aparente U.C	418	223	1018	953	888	531	225	1619
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	0,00653	< 0,00600	0,00973	0,00857	0,00817	0,0121	0,00635	0,0105
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O_2.L^{-1})	< 2,00	< 2,00	< 2,00	2,07	2,66	6,3	< 2,00	< 2,00
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	7400	1700	15000	4400	1000	980	2400	7300
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	0,7	0,446	0,978	0,775	0,532	1,25	0,354	0,366
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,0853	0,0641	0,242	0,297	0,265	0,257	0,0933	0,658
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,198	0,0956	0,46	0,536	0,462	0,762	0,204	0,344
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	0,0096	0,00712	0,0258	< 0,00600	< 0,00600
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	3,12	1,56	2,08	1,71	< 1,50	2,67	< 1,50	< 1,50
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	6,16	< 0,30	< 0,30
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	76	84	128	156	264	456	232	244
Turbidez (ntu)	53,1	22,1	139	125	96,7	49,2	29,5	346
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,00624	< 0,00600	0,0293	0,106	0,0251	0,0289	< 0,00600	0,158
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	0,0035	< 0,001	0,0013	< 0,001	0,0016	0,0018	< 0,001	< 0,001
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	5,61	7,09	6,4	7,58	6,89	2,66	7,09	8,08
pH à 25ºC - Bancada	6,28	7,03	6,76	6,96	7,09	6,94	7,18	7,49
Sulfetos (mg.L^{-1})	< 0,005	< 0,005	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	0,43	0,34	1,74	1,45	1,44	0,36	0,57	1,74
Temperatura da amostra °C	17	16	16	16	17	16	16	16

Quadro 13 - Resultados analíticos das variáveis físicas e químicas realizadas nas amostras coletadas em agosto de 2023 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	0,0399	0,0628	0,0831	0,0412	0,147	0,239	0,157	0,783
Arsênio Total (mg As.L-1)	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	< 0,00020	< 0,00020	< 0,005	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500
Condutividade uS/cm à 25°C	43,4	65,9	57,7	99,6	83,5	275	138,2	929
Cor Aparente U.C	226	230	272	257	334	198	345	292
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O_2.L^{-1})	4,5	2,49	3,26	3,55	4,79	2,78	2,4	< 2,00
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	1000	130	1500	120	2400	610	1900	1
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	0,426	0,187	0,115	0,163	0,288	0,122	0,256	0,206
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	< 0,0500	0,313	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,0549	0,0374	0,0199	0,0396	0,0388	0,512	0,0563	0,116
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	0,0103	< 0,00600	< 0,00600
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,741	0,882	0,514	0,899	0,609	1,03	0,799	2,32
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	0,6
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	< 20	50	76	60	42	124	70	368
Turbidez (ntu)	18	19,4	27,5	17,7	28,8	19,7	36,8	23,1
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,00607	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	0,0175	0,013	< 0,00600	0,0718
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	0,003	< 0,001	0,0023	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	10,6	8,05	7,95	9,78	8,34	8,34	6,61	8,05
pH à 25ºC - Bancada	6,52	6,69	6,97	6,55	6,37	6,12	6,76	3,41
Sulfetos (mg.L^{-1})	< 0,005	< 0,005	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	0,22	0,38	0,5	0,56	0,5	< 0,20	1,47	< 0,20
Temperatura da amostra °C	10	10	10	8	13	12	10	18

Quadro 14 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em novembro de 2022

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	2	1	2	1	1	1	2	2
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg $O_2.L^{-1}$)	1	2	1	1	1	1	1	1
Cor Aparente U.C	**4**	**4**	**4**	**4**	1	1	1	1
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	**4**
Nitrogênio Amoniacal (mg $NH_3.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	1	1	1
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	1	1	1	1	1	**4**	1	**3**
Arsênio Total (mg As.L-1)	1	1	1	1	1	1	1	1
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	**4**	**4**	1	**4**	1	1	1	1
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	**3**	1	1	1	**3**	**4**	1	1
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	1	1	1	1	1	**4**	1	1
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Oxigênio Dissolvido (mg $O_2.L^{-1}$)	2	1	2	1	1	1	1	1
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	1	1	1	**4**	1	1	1	1
pH	1	1	1	1	1	**4**	1	1
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	1	1	1	1	1	**4**	1	1
Sulfetos (mg.L^{-1})	1	1	1	1	1	**3**	**1**	1
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Turbidez	1	1	1	1	1	1	1	1
Classificação final	**4**	**4**	**4**	**4**	**3**	**4**	2	**4**

Quadro 15 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em fevereiro de 2023

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	2	1	1	1	1	1	1	1
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg $O_2.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	1	1	1
Cor Aparente U.C	1	1	4	1	1	1	1	4
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	1	2	1	1	1	1	1	4
Nitrogênio Amoniacal (mg $NH_3.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	3	1	1
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Arsênio Total (mg As.L-1)	1	1	1	1	1	1	1	1
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	3	1	1	1	1	1	1	1
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	3	1	4	1	3	4	1	1
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	3
Oxigênio Dissolvido (mg $O_2.L^{-1}$)	3	1	3	3	1	3	2	2
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
pH	1	1	1	1	1	1	1	1
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	1	1	1	1	1	4	1	1
Sulfetos (mg.L^{-1})	1	1	1	1	1	3	1	1
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Turbidez	1	1	1	1	1	1	1	1
Classificação final	3	2	4	3	3	4	2	4

Quadro 16 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em maio de 2023

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	4	3	4	4	3	2	3	4
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg $O_2.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	3	1	1
Cor Aparente U.C	4	4	4	4	4	4	4	4
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	3	1	1	1	1	1	1	1
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	1	3	4	4	4	4	1	4
Nitrogênio Amoniacal (mg $NH_3.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	3	1	1
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	4	4	4	4	4	4	4	4
Arsênio Total (mg As.L-1)	1	1	1	1	1	1	1	1
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	1	1	1	1	1	4	1	1
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	3	3	3	3	3	3	3	3
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	3	1	3	3	3	3	3	3
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Oxigênio Dissolvido (mg $O_2.L^{-1}$)	1	2	1	1	1	4	1	1
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
pH	1	1	1	1	1	1	1	1
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Sulfetos (mg.L^{-1})	1	1	3	1	1	1	1	1
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	1	1	4	4	4	1	4	4
Turbidez	2	1	4	4	1	2	1	4
Classificação final	4	4	4	4	4	4	4	4

Quadro 17 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em agosto de 2023

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	2	1	3	1	3	2	3	1
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg $O_2.L^{-1}$)	2	1	2	2	2	1	1	1
Cor Aparente U.C	4	4	4	4	4	4	4	4
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	2	4	2	2	2	2	2	2
Nitrogênio Amoniacal (mg $NH_3.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	1	1	1
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	1	1	1	1	3	4	3	4
Arsênio Total (mg As.L-1)	1	1	1	1	1	1	1	1
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	4	1	1	1	1	1	1	1
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	1	1	1	1	1	3	1	1
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Oxigênio Dissolvido (mg $O_2.L^{-1}$)	1	2	1	1	1	1	1	1
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
pH	1	1	1	1	1	1	1	4
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Sulfetos (mg.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	4	1
Turbidez	1	1	1	1	1	1	1	1
Classificação final	4	4	4	4	4	4	4	4

Conforme mostram os resultados apresentados nas tabelas anteriores, os parâmetros que classificaram as águas da bacia do arroio Candiota como de classe 3 ou de classe 4 foram: cor aparente, fósforo total, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido, pH, sulfetos, coliformes termotolerantes, DBO_5, alumínio dissolvido, cromo total, ferro dissolvido, manganês total, níquel, óleos e graxas, fenóis, surfactantes, sólidos dissolvidos e a turbidez. Os primeiros parâmetros estão relacionados com a urbanização e seus esgotos domésticos, agricultura, pecuária, além de outros usos.

Foram assim classificados os locais amostrais nos quatro períodos analisados:

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
nov/22	4	4	4	4	3	4	2	4
fev/23	3	2	4	3	3	4	2	4
mai/23	4	4	4	4	4	4	4	4
ago/23	4	4	3	4	3	4	4	4

Abaixo, as figuras seguintes mostram as variações destes parâmetros destacados anteriormente, nas análises realizadas com as amostras coletadas no período de novembro de 2022 a agosto de 2023.

O fósforo é um nutriente, cujo aumento de sua concentração no corpo hídrico, juntamente com o nitrogênio, influenciam a produtividade e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos. Pode ocorrer de forma natural ou de forma artificial. Naturalmente, acontece de maneira lenta e contínua, devido a contribuição de nutrientes carreados pela ação das chuvas e das águas superficiais e, artificialmente, acontece através da intervenção antrópica, onde os nutrientes podem ter diversas origens, como por exemplo, efluentes domésticos e industriais, práticas agrícolas, entre outras (ESTEVES; PEREIRA, 2011).

Na bacia hidrográfica do arroio Candiota, como mostra a Figura 3 abaixo, o ponto 8 é o que apresenta a pior qualidade, com classificação 4, conforme o CONAMA 357/2005, em novembro, fevereiro e maio de 2023, principalmente pelas concentrações de fósforo total na maioria dos meses, entre outros parâmetros. O P8 é a estação amostral que recebe o efluente final líquido da estação e tratamento de esgotos da Usina Termelétrica de Candiota.

Os meses de pior qualidade foram maio de 2023 para os pontos P3, P4, P5, P6 e P8 (classe 4) e P2 (classe 3) e agosto de 2023 para o P2 (classe 4). Segundo os dados meteorológicos do período, estes foram os meses de maiores volumes de chuvas no sistema, o que pode ter contribuído para estes resultados. O P2 recebe a contribuição das barragens e do wetland onde é despejado o esgoto da vila, que no período chuvoso, drena seu conteúdo para o sistema. Os demais locais recebem diversas contribuições, além da pecuária, agricultura e outros usos do solo.

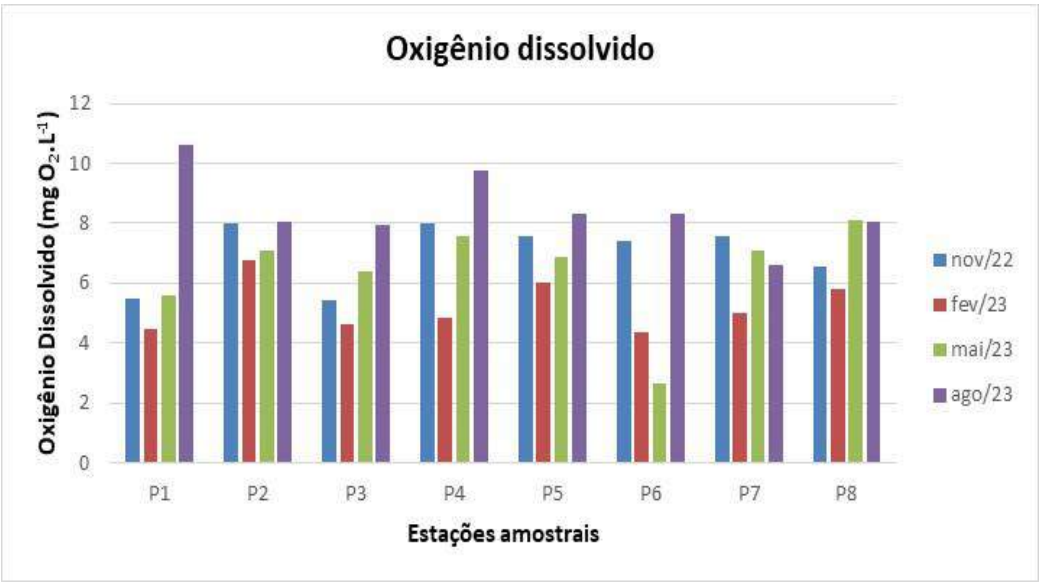
Figura 3 - Variação do fósforo total nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023



Quanto ao nitrogênio amoniacal, somente o ponto 6 apresentou classe 3 em fevereiro e maio de 2023, assim como o sulfeto, em novembro de 2022.

Em fevereiro de 2023, os teores do oxigênio dissolvido que classificou as estações P1, P3, P4 e P6 como classe 3, pode ser relacionado ao aumento da temperatura no verão e com baixos volumes de água nos arroios do sistema.

Figura 4 - Variação do oxigênio dissolvido nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023



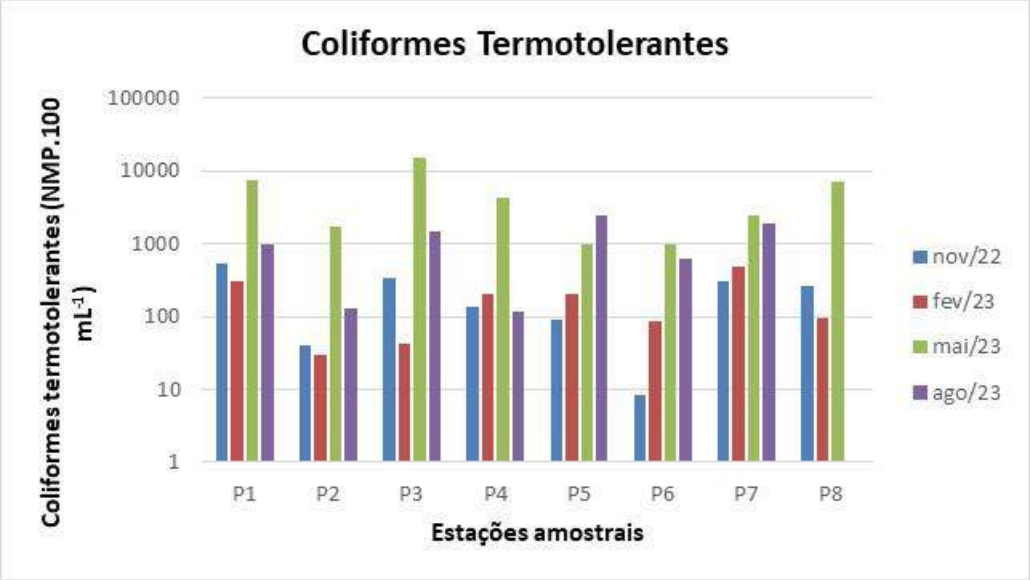
pH ácido foi observado somente nos pontos P6 (novembro de 2022 – classe 4) e P8 (agosto de 2023 – classe 4). Streck et al. (2000) observaram, na Bacia do Arroio Candiota, RS, que, quando a contribuição de efluentes, ocorre de maneira diversificada, como efluentes domésticos e de outras fontes industriais, além da mineração de carvão, o pH, principalmente, pode ser neutralizado, ou então, torna-se mais básico, com valores de aproximadamente 8,0, o que se observa nas demais estações amostrais, com pH próximo da neutralidade.

Os coliformes termotolerantes estão presentes nas águas provenientes de fezes humanas e de animais de sangue quente. Sua presença, por si só, não representa risco para a saúde humana, porém indica a possibilidade da presença de outros patógenos que têm a mesma origem e podem ser causadores de problemas à saúde.

Como se observa na Figura 5 abaixo, maio e agosto de 2023 são os períodos mais problemáticos para os pontos amostrados. Em maio de 2023, os pontos P1, P2, P3, P4 e o P8 foram classificados como classe 4 e os demais como classe 3, exceto o ponto P6.

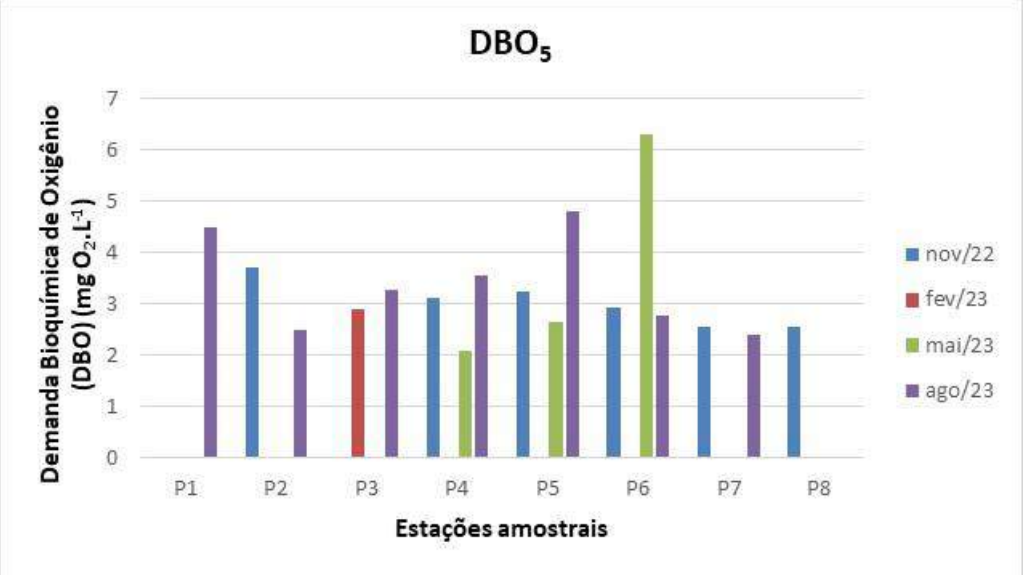
Em agosto, somente os pontos P3, P5 e P7 apresentaram classificação de classe 3. O aumento das chuvas em maio e agosto de 2023 podem influenciar estes valores, uma vez que os esgotos podem ser carreados para os corpos hídricos. Já demanda bioquímica de oxigênio classificou apenas a estação P6 como de classe 3 em maio de 2023.

Figura 5 - Variação de coliformes fecais nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023



A DBO_5 classificou apenas o ponto P6 como de classe 3 em maio de 2023.

Figura 6 - Variação de coliformes fecais nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023

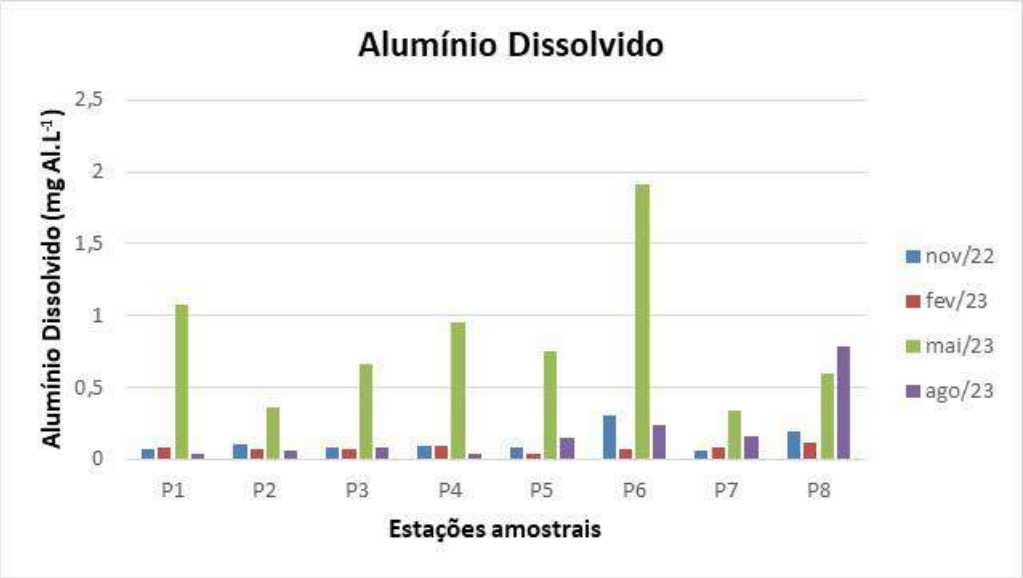


O alumínio também foi importante na caracterização limnológica do sistema e aparece sempre em altas concentrações. Este é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre (SANTOS, 2003). Ele não ocorre naturalmente na forma elementar, metálica, porém é amplamente distribuído na crosta terrestre combinado com o oxigênio, flúor, silício e outros constituintes. A ocorrência deste metal se dá na forma de silicatos como o feldspato e a mica, complexados com sódio e fluoreto como a criolita e pedra de baixita, a qual é composta por óxidos de alumínio hidratado, hidróxidos de alumínio e impurezas como sílica livre. Em geral, a redução do pH como resultado da chuva ácida ou da liberação de ácidos minerais, aumenta a mobilidade de formas monoméricas de alumínio.

Ainda, de acordo com essa autora acima citada, o alumínio dissolvido pode ocorrer em sistemas subterrâneos ou superficiais. A sua solubilidade, em equilíbrio com a fase sólida Al $(OH)_3$ é altamente dependente do pH. O complexo aquoso Al $(H_2O)_6^{3+}$ predomina em pH baixo (4,0).

O alumínio dissolvido classificou o ponto P6 como classe 4 em novembro e o ponto 8 como classe 3. Em maio de 2023 todos os pontos amostrais foram classificados como classe 4. Em agosto de 2023 P5 e P7 foram classificados como de classe 3 e P6 e P8 como classe 4, como apresenta a Figura 7 abaixo.

Figura 7 - Variação do alumínio dissolvido nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023

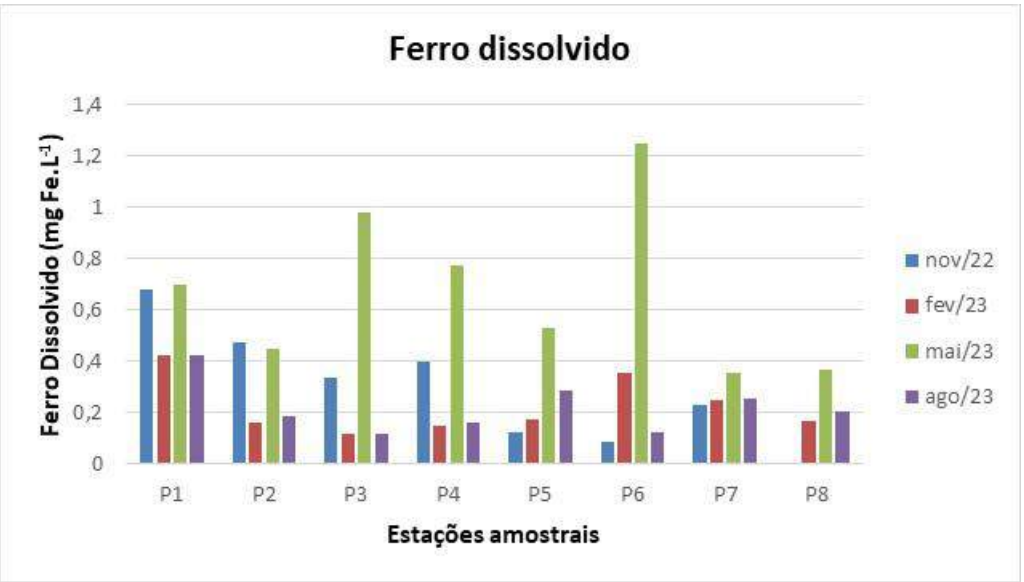


Cromo total (maio de 2023) e o Níquel total (novembro de 2022) classificaram somente o ponto P6 como classe 4.

Conforme Esteves (1998) o Fe e o Mn são essenciais aos seres vivos; nas águas continentais as principais fontes destes elementos são o intemperismo de rochas e a erosão de solos ricos nestes, bem como fontes de origem antrópica. Pode ocorrer o efeito acumulativo e consequentemente o aumento da concentração do elemento, gerando um quadro de toxicidade no meio. Como elemento essencial, Allen (1974 apud ROHDE, 2008) considera a faixa de variação em água doce, 50 a 1000 µg L-1 de Ferro dissolvido, e em águas naturais que recebem descargas de drenagem ácida apresentam, geralmente, concentração elevada de ferro dissolvido (100000 a 1000000 µg L-1).

Em Candiota, os pontos 1, 2 e 3 foram classificados em novembro de 2022 como de classe 4 para o ferro dissolvido. Em fevereiro de 2023, apenas o ponto 1 foi classificado como classe 3. Em maio de 2023, todos os pontos foram classificados como de classe 4.

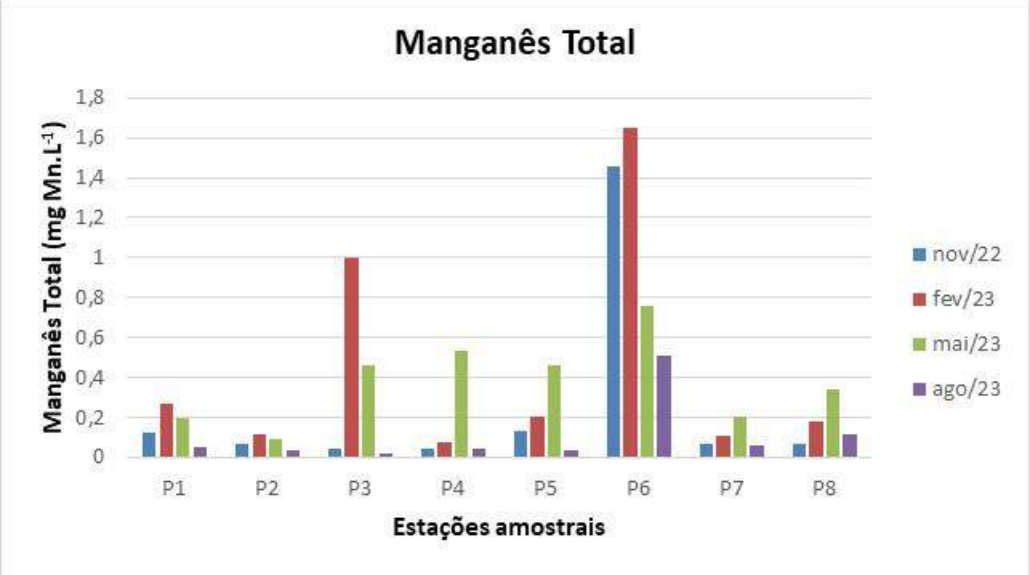
Figura 8 - Variação do ferro dissolvido nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023



O manganês é um metal que ocorre naturalmente em diversos tipos de rochas. Não ocorre no ambiente como metal puro e sim combinado com outras substâncias como oxigênio, enxofre e cloro. Algumas partículas do material sólido podem se apresentar em suspensão no ar e alguns compostos podem se dissolver na água ou, ainda, baixos níveis destes compostos se encontram normalmente presentes em lagos, oceanos e rios.

De acordo com MARTINS (2003), alguns compostos são usados na fabricação de baterias, em suplementos alimentares, como ingredientes de cerâmicas, praguicidas e fertilizantes. Em Candiota, o manganês total classificou em novembro de 2022 os pontos P1 e P5 como classe 3 e o ponto P6 como classe 4. O mesmo ocorreu em fevereiro de 2023. Em maio de 2023, com exceção do ponto P2, todos os demais classificaram como classe 3 e em agosto, somente o ponto P6.

Figura 9 - Variação do manganês total nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023

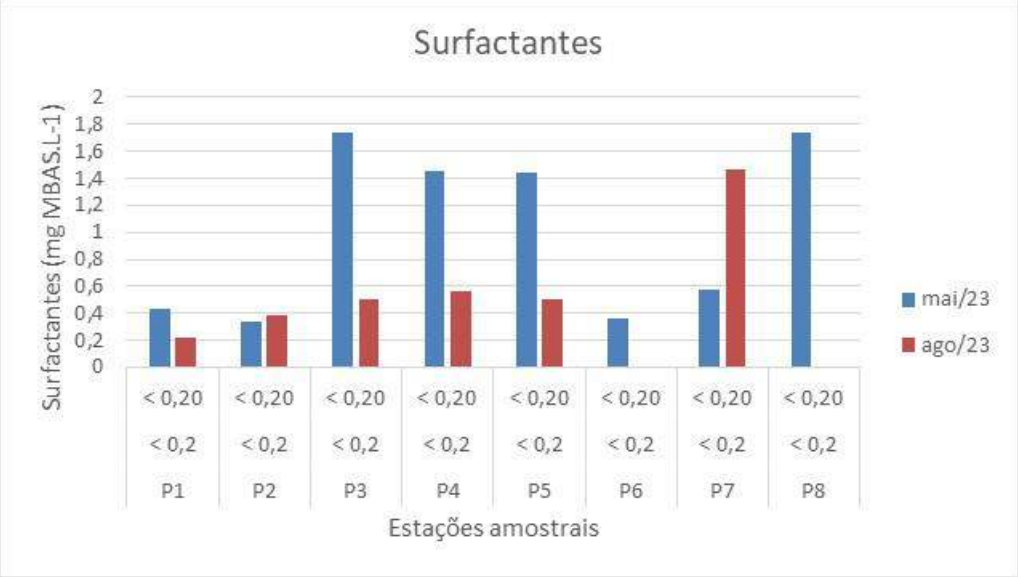


Óleos e graxas ocorreram apenas no ponto P4, tendo sido classificado como de classe 4, conforme o CONAMA 357/2005.

Fenóis totais foram detectados apenas no ponto P1 em maio de 2023 (0,0035 mg. L^{-1}), porém com uma concentração muito próxima do limite da classe 1, conforme a classificação do CONAMA 357/2005 para as águas doces. A fonte específica dos fenóis na natureza é o alcatrão da hulha, um tipo de carvão que possui alta concentração de carbono. Fenóis são compostos orgânicos, tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos e aos microrganismos que tomam parte dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais.

Surfactantes tensoativos são encontrados em detergentes e podem provocar o surgimento de espumas em ecossistemas aquáticos que recebem efluentes domésticos. Como principal efeito, podem prejudicar a flutuação de plantas aquáticas e animais nas superfícies de rios e lagos e provocar toxicidade da água, mortalidade dos peixes, além de reações alérgicas ao contato humano. Em Candiota, surfactantes foram detectados nos meses de maio e de agosto de 2023. Nestes, os pontos P3, P4, P5, P7 e P8 foram classificados como de classe 4 (maio) e o ponto P7 em agosto.

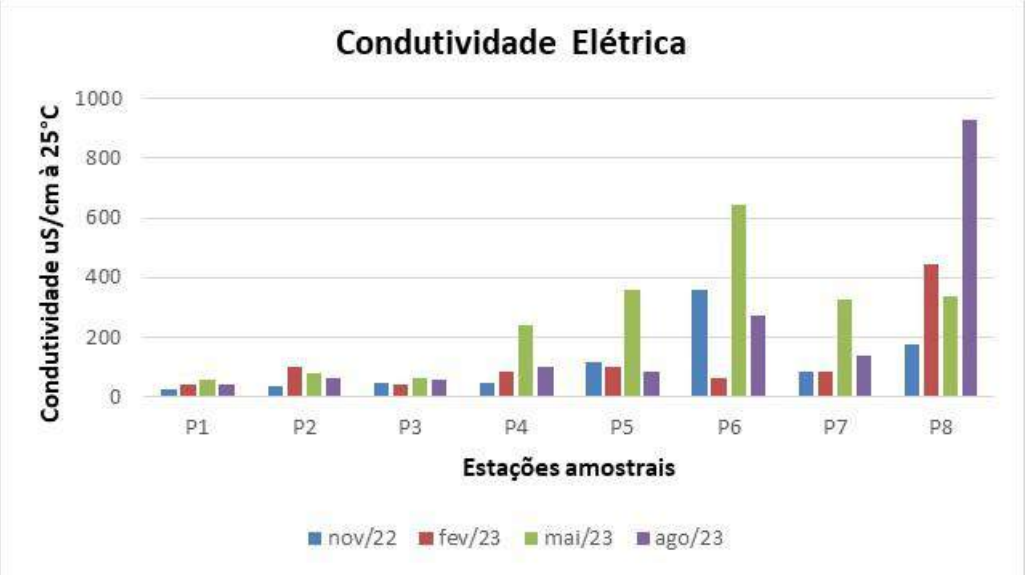
Figura 10 - Variação dos surfactantes nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023



Sólidos dissolvidos classificaram apenas o ponto P6 como de classe 4 em novembro e fevereiro de 2023, e a turbidez em maio de 2023, nos pontos P3, P4 e P8.

Outros parâmetros, além daqueles específicos para o enquadramento dos recursos hídricos estabelecidos pelo CONAMA 357/2005, como a condutividade elétrica da água (figura 1.2.3.9), apresentaram valores maiores novamente em todas as amostragens na estação P6, como já observado nos períodos de monitoramento anteriores. Já na estação P8, que representa o efluente final líquido na usina no sistema, os valores também foram elevados, porém não influenciaram as estações amostrais em sequência no corpo hídrico, uma vez que P5 e P7 apresentaram valores menores.

Figura 11 - Variação dos surfactantes nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de novembro de 2022 a agosto de 2023



A turbidez classificou os pontos P3, P4 e P8 como de classe 4 apenas no mês de maio de 2023.

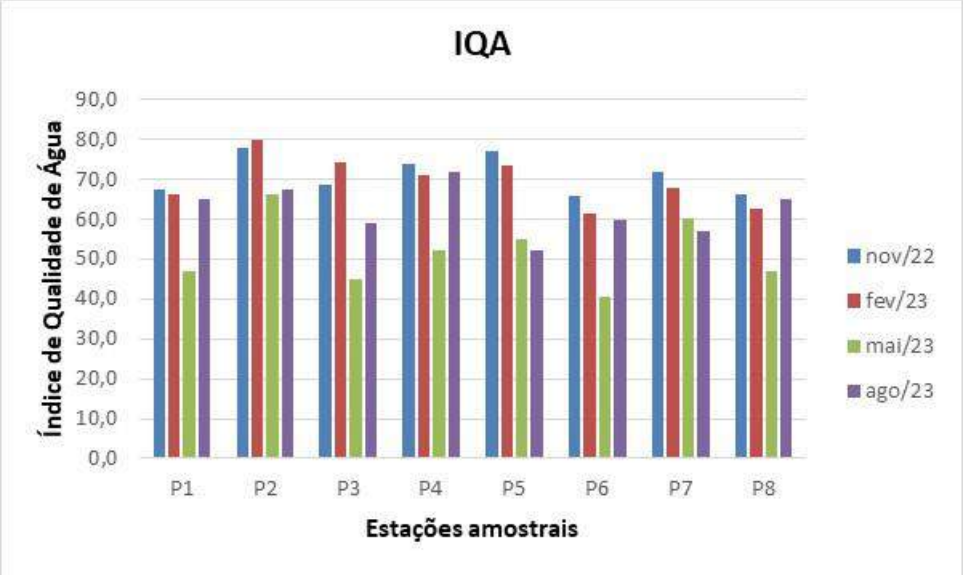
2.3.8. Índices de Qualidade das Águas – IQA

Para o cálculo do IQA, foi utilizado o método desenvolvido pela NSF (National Sanitation Foundation), modificado pelo COMITÊSINOS em 1990 para ser utilizado na Região Sul, que incorpora 8 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento (pH, saturação de oxigênio, Demanda bioquímica de oxigênio, Sólidos Totais, Fósforo Total, Nitrato, Turbidez e Coliformes Termotolerantes). Abaixo as faixas de qualidade baseadas naquelas utilizadas pela CETESB.

Resultado (IQA)	Faixas de Qualidade
80 – 100	Ótima
52 - 79	Boa
37 – 51	Aceitável
20 – 36	Ruim
0 – 19	Péssima

Os resultados foram compilados para o Índice de Qualidade de Água (IQA), e apresentados na Figura 12 abaixo. Nota-se que maio de 2023 foi o mês de pior qualidade, mostrando os pontos P1, P6 e P8 como de qualidade aceitável. Os demais locais foram classificados como de boa qualidade.

Figura 12 - Valores registrados do IQA (Índice de Qualidade de Água) para o período de novembro de 2022 a agosto de 2023 no sistema



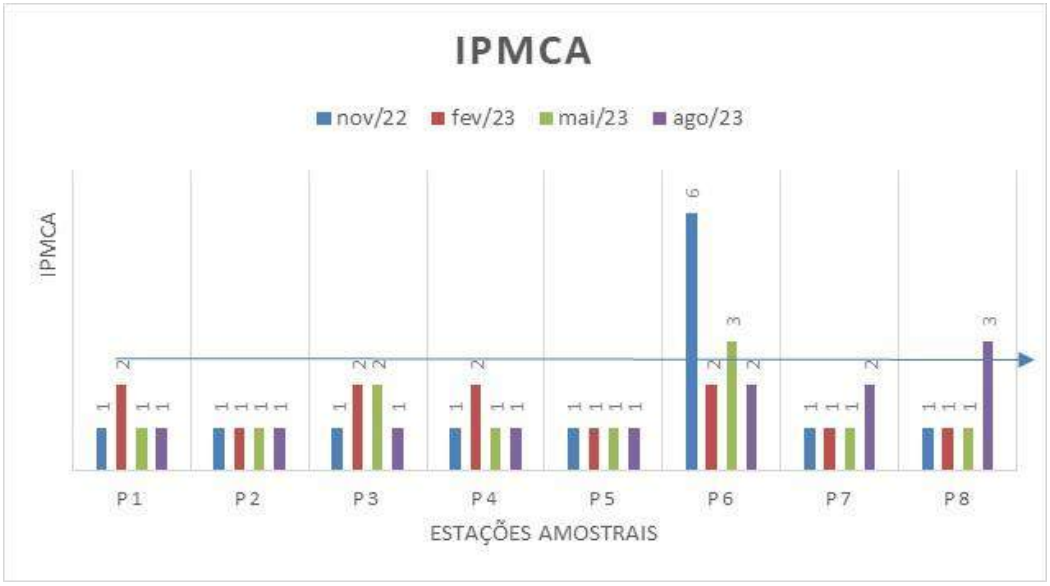
2.3.9. IPMCA

O IPMCA tem o objetivo de avaliar a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora em geral. Leva em consideração a presença e concentração de contaminantes químicos tóxicos (Cádmio total, Cromo total, Cobre dissolvido, Chumbo total, Mercúrio total, Níquel total, Fenóis totais, Surfactantes e Zinco), seu efeito sobre os organismos aquáticos (toxicidade) e dois dos parâmetros considerados essenciais para a biota (pH e oxigênio dissolvido), CETESB, 2015.

IPMCA	Classificação da água
1	Boa (adequada)
2	Regular
3 e 4	Ruim
> = 5	Péssima (Inadequada)

Os resultados apresentados na Figura 13 foram compilados dos quatro trimestres avaliados.

Figura 13 - Valores registrados do IPMCA (Índice de Parâmetros Mínimos para a Proteção das comunidades aquáticas) para o período de novembro de 2022 a agosto de 2023 no sistema



Legenda: (1) Boa – adequada; (2) Regular; (3 e 4) Ruim; (≥5) Péssima - inadequada.

Note-se somente a estação P6 classificada como de péssima qualidade em novembro de 2022, pela toxicidade crônica para o peixe *Pimephales promelas* e pH de 5,5, além de qualidade

ruim em maio de 2023 pela baixa concentração de oxigênio dissolvido (2,2 mg. L^{-1}). Foram classificadas como de qualidade regular as estações P7 e P6 em agosto e P8 como qualidade ruim em agosto e fevereiro de 2022. A estação amostral P8 foi classificada como qualidade ruim em agosto de 2023 por apresentar toxicidade crônica para o peixe *Pimephales promelas* e para o microcrustáceo *Ceriodaphnia dúbia*.

Já as estações amostrais P1, P3 e P4, em fevereiro de 2023 foram classificadas como qualidade regular, devido principalmente as baixas concentrações do oxigênio dissolvido.

2.3.10. Resultados e Considerações para a Toxicidade das Águas Superficiais

Ensaios de toxicidade qualitativos (que avaliam a ocorrência ou não de toxicidade) para organismos-teste de três diferentes níveis tróficos foram realizados com as amostras de água superficiais coletadas nos meses de novembro de 2022, fevereiro, maio e agosto de 2023 nas oito Estações Amostrais (EA) pré-determinadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota, RS.

Os resultados dos ensaios de toxicidade realizados com as amostras de águas superficiais coletadas nas campanhas de novembro/2022 a agosto/2023 são apresentados na figura 11. Buscando uma melhor interpretação da qualidade ambiental da área monitorada, a partir dos resultados qualitativos dos ensaios ecotoxicológicos, foi criado um índice de toxicidade. Para tanto, aos efeitos tóxicos observados nas amostras de águas superficiais das estações amostrais foram atribuídos pesos de acordo com o grau de toxicidade observado (Figura 12). Os pesos atribuídos distribuem-se em uma escala de 0 (zero) a 9 (nove), sendo zero o melhor cenário possível (total ausência de toxicidade), e nove o pior cenário possível (ocorrência de toxicidade aguda para organismos-teste dos três níveis tróficos utilizados). A proposta do índice de toxicidade é considerar os resultados ecotoxicológicos de todo o período de estudo da área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici de forma quantificável, permitindo visualizar, em uma mesma escala, as variações ao longo do tempo.

Quadro 18 - Resultados dos ensaios de toxicidade realizados com organismos-testes de três diferentes níveis tróficos quando expostos as amostras de águas superficiais coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS no período de novembro/2022 a agosto/2023

Estação Amostral	*Novembro/2022*		
	Peixes	**Crustáceos**	**Algas**
EA 1	NE	NE	NE
EA 2	NE	NE	NE
EA 3	NE	NE	NE
EA 4	NE	NE	NE
EA 5	NE	NE	NE
EA 6	**TC**	NE	NE
EA 7	NE	NE	NE
EA 8	NE	NE	NE

Estação Amostral	*Fevereiro/2023*		
	Peixes	**Crustáceos**	**Algas**
EA 1	NE	NE	NE
EA 2	NE	NE	NE
EA 3	NE	NE	**TC**
EA 4	NE	NE	NE
EA 5	NE	NE	NE
EA 6	NE	NE	**TC**
EA 7	NE	NE	NE
EA 8	NE	NE	NE

Estação Amostral	*Maio/2023*		
	Peixes	**Crustáceos**	**Algas**
EA 1	NE	NE	NE
EA 2	NE	NE	NE
EA 3	NE	NE	NE
EA 4	NE	NE	NE
EA 5	NE	NE	NE
EA 6	NE	NE	NE
EA 7	NE	NE	NE
EA 8	NE	NE	NE

Estação Amostral	*Agosto/2023*		
	Peixes	**Crustáceos**	**Algas**
EA 1	NE	NE	NE
EA 2	NE	NE	NE
EA 3	NE	NE	NE
EA 4	NE	NE	NE
EA 5	NE	NE	NE
EA 6	NE	NE	**TC**
EA 7	NE	NE	NE
EA 8	**TA**	**TA**	NE

NE = Nenhum Efeito; TC= Toxicidade Crônica; TA=Toxicidade Aguda

Quadro 19 - Pesos atribuídos aos efeitos ecotoxicológicos para a definição do índice de toxicidade aplicado nas avaliações da toxicidade das amostras de águas superficiais.

EFEITO OBSERVADO	PESO ATRIBUÍDO
Ocorrência de toxicidade aguda	3 (para cada nível trófico)
Ocorrência de toxicidade crônica	2 (para cada nível trófico)

Assim, a partir da aplicação do índice de toxicidade são apresentados: (a) média do índice de toxicidade observada no período de 2016 a 2023; (b) média do índice de toxicidade em função das estações do ano e, (c) o índice toxicidade comparada para todo o período de estudo, com destaque para as campanhas do último ano do projeto (2022 a 2023).

Além de permitir uma visão geral da qualidade de cada estação amostral em relação ao parâmetro toxicidade, o índice de toxicidade foi utilizado para caracterizar as estações amostrais nas campanhas realizadas de novembro/2022 a agosto/2023.

2.3.11. Índice de toxicidade

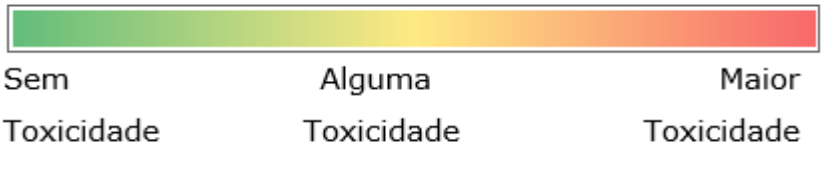
O índice de toxicidade aqui proposto visa quantificar os efeitos ecotoxicológicos de cada uma das estações amostrais, considerando todo o período de estudo (2016 a 2023). A intensidade do índice está relacionada não apenas ao tipo de toxicidade observada na área de estudo (aguda ou crônica), como também a frequência com que a mesma ocorreu durante o período de estudo. As médias do índice de toxicidade para as amostras de águas superficiais coletadas em cada uma das estações amostrais durante o período de 2016 a 2023 estão apresentadas na Quadro 20 - Médias do índice de toxicidade (em uma escala de 0 a 9), e frequência de ocorrência de toxicidade, observado nas amostras de águas superficiais coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS.Quadro 20.

A estação amostral P6 destaca-se das demais apresentando o índice de toxicidade com a média mais elevada, além da maior frequência de resultados tóxicos, não apenas ao longo de todo o período de estudo, mas também no período contemplado neste relatório anual (2022 e 2023). Esta estação amostral, localizada no Arroio Poacá - ponto após contribuição da Sanga da Carvoeira, por sua localização, demostra a influência das atividades de mineração de carvão no corpo receptor.

Considerando a série histórica de dados, as Estações Amostrais P1, P2, P4 e P5 apresentaram as menores médias do índice de toxicidade e as menores frequências de ocorrência de toxicidade, enquanto a P8, que representa o efluente da Usina Termelétrica Presidente Médici, apresenta o segundo maior índice de toxicidade e frequência de ocorrência de efeitos tóxicos aos organismos aquáticos.

Quadro 20 - Médias do índice de toxicidade (em uma escala de 0 a 9), e frequência de ocorrência de toxicidade, observado nas amostras de águas superficiais coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS.

Estação Amostral	Média do Índice de Toxicidade	Frequência de Toxicidade (%) 2016 a 2023	Frequência de Toxicidade (%) 2022 a 2023
EA 1	0,00	0,0	0,0
EA 2	0,07	3,6	0,0
EA 3	0,14	7,1	25,0
EA 4	0,07	3,6	0,0
EA 5	0,11	3,6	0,0
EA 6	3,50	67,9	75,0
EA 7	0,14	7,1	0,0
EA 8	0,82	21,4	25,0



2.3.12. Média do Índice de toxicidade por estação do ano

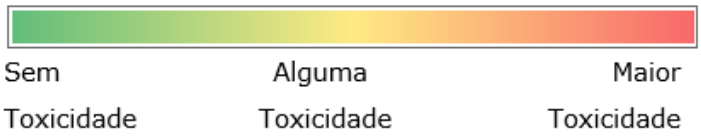
O Quadro 21 apresenta (A) a média do índice de toxicidade calculada para as amostras de águas superficiais em todo o período de estudo (2016 a 2023) em cada uma das estações amostrais em função das estações do ano, e (B) o índice de toxidade para as campanhas realizadas de novembro/2022 a agosto/2023. Para as amostras de águas superficial não é possível identificar um claro padrão na influência das estações do ano sobre a toxicidade das áreas amostradas. Os resultados das estações amostrais P6 e P8 se destacam em todas as épocas no ano, apresentando as médias do índice de toxicidade mais elevadas. Nas campanhas realizadas de novembro/2022 a agosto/2023 a P6 mantém-se como a estação amostral com maior toxicidade, enquanto a P8 (efluente da termoelétrica) apresentou toxicidade apenas na campanha de inverno. Especificamente em relação a toxicidade observada na P8, na campanha de inverno (agosto/2023), chama a atenção o baixo valor de pH (3,41) apresentado pela amostra analisada, valor abaixo dos limites de tolerância dos organismos vivos.

Quadro 21 - Média do índice de toxicidade em função das estações do ano (em uma escala de 0 a 9) observado nas amostras de águas superficiais coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS, no período de novembro/2016 a agosto/2023 (A) e índice de toxicidade calculado para as estações amostrais nas campanhas realizadas de novembro/2022 a agosto/2023 (B)

A

Estação Amostral	Primavera	Verão	Outono	Inverno
EA 1	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 2	0,0	0,0	0,0	0,3
EA 3	0,3	0,3	0,0	0,0
EA 4	0,0	0,0	0,3	0,0
EA 5	0,0	0,0	0,0	0,4
EA 6	3,3	3,6	4,3	2,9
EA 7	0,0	0,3	0,0	0,3
EA 8	0,3	1,6	0,6	0,9

Estação Amostral	Primavera	Verão	Outono	Inverno
EA 1	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 2	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 3	0,0	2,0	0,0	0,0
EA 4	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 5	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 6	3,0	2,0	0,0	2,0
EA 7	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 8	0,0	0,0	0,0	6,0



2.3.13. Índice de toxicidade do período de estudo

O Quadro 22 apresenta o índice de toxicidade observado para cada uma das amostras de águas superficiais coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici avaliadas ao longo dos últimos 7 anos (2016 a 2023), com destaque para as campanhas de novembro/2022 a agosto/2023. Os dados demonstram que nas campanhas de novembro/2022 a agosto/2023 a estação amostral P6, que sofre uma influência direta das atividades de mineração de carvão no corpo receptor, manteve sua característica histórica de apresentar toxicidade com maior frequência (75% das campanhas). Destacou-se também a estação amostral P8, que corresponde ao efluente da Usina Termelétrica Presidente Médici, que apresentou toxicidade aguda para peixes e microcrustáceos na campanha de agosto de 2023. Historicamente esta estação apresentou toxicidade em 21,4% das campanhas, sendo a segunda estação amostral em frequência e intensidade de toxicidade. A exceção de uma campanha, onde a estação amostral P3 apresentou toxicidade crônica para algas em fevereiro/2023, para as demais, ao longo dos três últimos anos de monitoramento, observa-se uma constante ausência de toxicidade nas amostras de águas superficiais avaliadas.

Em relação ao parâmetro toxicidade para o enquadramento dos corpos hídricos monitorados na Classe 2 da Resolução CONAMA 375/2005, se faz necessário a ausência de toxicidade crônica nos pontos amostrados. Nas campanhas realizadas de novembro/2022 a agosto/2023 esta condição não foi atendida para as estações amostrais P3 (Fev/23), P6 (Nov/22, Fev/23 e Ago/23) e P8 (Ago/23).

Quadro 22 - Índices de toxicidade (em uma escala de 0 a 9) observado nas amostras de águas superficiais coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS, no período de novembro/2016 a agosto/2023, com destaque para as campanhas realizadas de novembro/2022 a agosto/2023

	2016	2017				2018				2019				2020				2021				2022				2023			
	Nov	Jan	Abr	Jul	Nov	Jan	Abr	Jul	Nov	Fev	Abr	Jul	Nov	Fev	Mai	Ago	Nov	Fev	Mai	Ago	Nov	Fev	Mai	Ago	Nov	Fev	Mai	Ago
EA 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EA 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
EA 3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
EA 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EA 5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EA 6	0	0	6	0	6	7	6	0	6	8	6	6	6	6	0	4	0	0	6	2	2	2	0	6	3	2	0	2
EA 7	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EA 8	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	0	0	0	0	0	6



Sem Toxicidade — Alguma Toxicidade — Maior Toxicidade

2.3.14. Análise matemática da qualidade das águas - cálculo e interpretação do RTR e ARTR

Com os dados brutos dos resultados das análises físicas e químicas das águas nos diferentes locais amostrais e épocas, foram criados dois índices matemáticos como ferramentas para o entendimento das diferenças possíveis entre estes ambientes e as possíveis influências da mineração.

Para isso foram calculados o RTR (Razão de referência) e o ARTR (Valor agregado de referência). Este método matemático é uma importante ferramenta de comparação entre locais amostrais seja considerando cada elemento ou variável que descreve o local de estudo ou o conjunto de variáveis.

O RTR de uma variável é a razão expressa no seu quociente entre o valor da variável encontrada no local de estudo (numerador) e o valor estabelecido como referência (denominador), seja de um local de referência ou de uma condição de referência. Isto porque não se tem uma estação amostral dita “branco”, isto é isenta, de influência antropogênica, na bacia hidrográfica do arroio Candiota.

Como exemplo, pode-se utilizar a estação 1 como referência: então tomando os dados obtidos nesta estação 1 na primeira campanha, como mostra o quadro abaixo, então é igualada à unidade:

Varíáveis	P1	RTR P1
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	0,0731	1
Arsênio Total (mg As.L-1)	0,002	1
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	0,0002	1
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	0,006	1
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	0,006	1
Condutividade uS/cm à 25°C	28	1
Cor Aparente U.C	97,2	1
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	0,006	1
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O_2.L^{-1})	2	1
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	550	1
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	0,677	1
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,05	1
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,125	1
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	0,0001	1
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	0,006	1
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,5	1
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	0,3	1
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	10	1
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	42	1
Turbidez (ntu)	11,4	1
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,0145	1
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	0,001	1
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	5,5	1
pH à 25ºC - Bancada	7,2	1
Sulfetos (mg.L^{-1})	0,0014	1
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	0,2	1
Temperatura da Amostra	22	1
	∑	27,00
	ARTR P1	**1,00**

Tomando dentro da estação 1, os coliformes termotolerantes, como exemplo o cálculo do RTR para o local 1, que é o local de referência é citado da seguinte maneira:

RTR coliformes termotolerantes = coliformes termotolerantes da estação 1 / Coliformes Termotolerantes da estação de referência (neste caso é a própria estação 1)

Então fica:

RTR = 500,00/500,00 = 1

E assim é calculado para cada variável.

Ao final da coluna há o somatório de todos os RTR calculados para cada variável que caracteriza a estação amostral ou a unidade amostral, e este somatório é dividido pelo

número de variáveis ou de RTR calculados, este então passa a ser o ARTR, o valor agregado do local ou da estação amostral.

O somatório é igual a 27, e o número de variáveis é 27, então, ARTR = 27/27 = 1, então o ARTR do Local é igual a 1.

Nos quadros abaixo, 24 a 28, estão apresentados os resultados para essa análise para novembro de 2022 (primavera), fevereiro de 2023 (verão), maio de 2023 (outono) e agosto de 2023 (inverno).

Note-se que os valores hachurados nas tabelas a seguir apresentadas representam aqueles responsáveis pelas diferenças entre os diferentes locais e o local de referência (P1). Por exemplo, na primavera de 2022, o que diferencia a estação P6 da estação de referência o alumínio dissolvido, a condutividade elétrica, manganês, níquel, nitrogênio amoniacal, sólidos dissolvidos, zinco e sulfetos que nesta foram maiores.

Quadro 23 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados na primavera (novembro de 2022)

Variáveis	P1	RTR P1	P2	RTR P2	P3	RTR P3	P4	RTR P4	P5	RTR P5	P6	RTR P6	P7	RTR P7	P8	RTR P8
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	0,0731	1	0,1	1,37	0,0825	1,13	0,0925	1,27	0,0864	1,18	0,308	4,21	0,0621	0,85	0,198	2,71
Arsênio Total (mg As.L-1)	0,002	1	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	0,0002	1	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	0,006	1	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	0,006	1	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00
Condutividade uS/cm à 25°C	28	1	35	1,25	49	1,75	47	1,68	115	4,11	360	12,86	87	3,11	177	6,32
Cor Aparente U.C	97,2	1	98	1,01	80,1	0,82	76,9	0,79	41,2	0,42	10	0,10	72	0,74	37,9	0,39
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	0,006	1	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O_2.L^{-1})	2	1	3,7	1,85	2	1,00	3,13	1,57	3,23	1,62	2,94	1,47	2,56	1,28	2,56	1,28
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	550	1	40	0,07	340	0,62	140	0,25	91	0,17	8,6	0,02	300	0,55	260	0,47
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	0,677	1	0,474	0,70	0,334	0,49	0,396	0,58	0,123	0,18	0,0888	0,13	0,231	0,34	0,006	0,01
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,05	1	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05	1,00	0,557	11,14
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,125	1	0,0684	0,55	0,0467	0,37	0,0419	0,34	0,13	1,04	1,46	11,68	0,0645	0,52	0,0706	0,56
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	0,0001	1	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	0,006	1	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,0363	6,05	0,006	1,00	0,006	1,00
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,5	1	0,5	1,00	0,5	1,00	0,5	1,00	0,5	1,00	0,5	1,00	0,5	1,00	0,5	1,00
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	0,3	1	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	1,75	5,83	0,3	1,00	0,3	1,00
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	10	1	10	1,00	10	1,00	14	1,40	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	42	1	76	1,81	58	1,38	60	1,43	128	3,05	528	12,57	98	2,33	224	5,33
Turbidez (ntu)	11,4	1	10,5	0,92	9,71	0,85	9	0,79	5,72	0,50	3,42	0,30	9,03	0,79	7,44	0,65
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,0145	1	0,0568	3,92	0,006	0,41	0,0142	0,98	0,0335	2,31	0,0555	3,83	0,0209	1,44	0,152	10,48
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	0,001	1	0,001	1,00	0,0025	2,50	0,0012	1,20	0,0029	2,90	0,0011	1,10	0,0016	1,60	0,0024	2,40
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	5,5	1	7,97	1,45	5,41	0,98	7,97	1,45	7,59	1,38	7,4	1,35	7,59	1,38	6,55	1,19
pH à 25ºC - Bancada	7,2	1	7,5	1,04	7,8	1,08	7,4	1,03	8,5	1,18	5,5	0,76	7,4	1,03	7,5	1,04
Sulfetos (mg.L^{-1})	0,0014	1	0,0018	1,29	0,0013	0,93	0,0025	1,79	0,0014	1,00	0,0093	6,64	0,0013	0,93	0,001	0,71
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	0,2	1	0,2	1,00	0,2	1,00	0,2	1,00	0,2	1,00	0,2	1,00	0,2	1,00	0,2	1,00
Temperatura da Amostra	22	1	22	1,00	21	0,95	22	1,00	25	1,14	23	1,05	23	1,05	23	1,05
	∑	27,00	∑	31,22	∑	27,28	∑	28,53	∑	34,17	∑	79,95	∑	29,93	∑	56,75
	ARTR P1	1,00	ARTR P2	1,16	ARTR P3	1,01	ARTR P4	1,06	ARTR P5	1,27	ARTR P6	2,96	ARTR P7	1,11	ARTR P8	2,10

Os maiores valores para artr que indicam, por ordem decrescente, os pontos de pior qualidade para os de melhor qualidade no mês de novembro de 2022 são:

ARTR P6 (2,96) > ARTR P8 (2,10) > ARTR P5 (1,27) > ARTR P2 (1,16) > ARTR P7 (1,11) > ARTR P4 (1,06) > ARTR P3 (1,01) > ARTR P1 (1,0)

Para o ponto 8, os parâmetros que mostraram os maiores valores, influenciando uma artr de 2,10 foram fósforo total, zinco total e fenóis totais.

Quadro 24 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados no verão (fevereiro de 2023)

	P1	RTR P1	P2	RTR P2	P3	RTR P3	P4	RTR P4	P5	RTR P5	P6	RTR P6	P7	RTR P7	P8	RTR P8
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	0,0799	1,00	0,0707	0,8849	0,0745	0,9324	0,0987	1,2353	0,0393	0,4919	0,0735	0,9199	0,0855	1,0701	0,115	1,4393
Arsênio Total (mg As.L-1)	0,0020	1,00	0,0020	1	0,0020	1	0,0020	1	0,0020	1	0,0020	1	0,0020	1	0,0020	1
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	0,0002	1,00	0,0002	1	0,0002	1	0,0002	1	0,0002	1	0,0002	1	0,0002	1	0,0002	1
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	0,007	1,00	0,0060	0,8571	0,0060	0,8571	0,0094	1,3386	0,0060	0,8571	0,0060	0,8571	0,0060	0,8571	0,0060	0,8571
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	0,0050	1,00	0,0050	1	0,0050	1	0,0050	1	0,0050	1	0,0050	1	0,0050	1	0,0050	1
Condutividade uS/cm à 25°C	40	1,00	99	2,475	42	1,05	85	2,125	100	2,5	61	1,525	83	2,075	443	11,075
Cor Aparente U.C	26,6	1,00	46,9	1,7632	112	4,2105	46,9	1,7632	34,7	1,3045	59,6	2,2406	64,7	2,4323	85	3,1955
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	0,0060	1,00	0,0060	1	0,0060	1	0,0060	1	0,0060	1	0,0060	1	0,0060	1	0,0060	1
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O_2.L^{-1})	2,00	1,00	2,00	1	2,9	1,45	2,00	1	2,00	1	2,00	1	2,00	1	2,00	1
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	300,00	1,00	30,00	0,1	43,00	0,1433	210,00	0,7	200,00	0,6667	88,00	0,2933	490,00	1,6333	98,00	0,3267
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	0,42	1,00	0,158	0,3762	0,118	0,281	0,15	0,3571	0,173	0,4119	0,353	0,8405	0,248	0,5905	0,167	0,3976
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,0529	1,00	0,0500	0,9452	0,0854	1,6144	0,0562	1,0624	0,0500	0,9452	0,0500	0,9452	0,0714	1,3497	1,25	23,629
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,271	1,00	0,113	0,417	1	3,69	0,0764	0,2819	0,203	0,7491	1,65	6,0886	0,106	0,3911	0,181	0,6679
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	0,0001	1,00	0,0001	1	0,0001	1	0,0001	1	0,0001	1	0,0001	1	0,0001	1	0,0001	1
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	0,0060	1,00	0,0060	1	0,0060	1	0,0060	1	0,0060	1	0,0261	4,35	0,0060	1	0,0060	1
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	3,00	1,00	3,00	1	7,5000	2,5	3,00	1	3,00	1	4,05	1,35	3,00	1	3,66	1,22
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	0,30	1,00	0,30	1	0,30	1	0,30	1	0,30	1	6,08	20,267	0,30	1	0,3000	1
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	10	1,00	10	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10,0000	1
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	30	1,00	60	2	96	3,2	80	2,6667	68	2,2667	914	30,467	86	2,8667	472	15,733
Turbidez (ntu)	5,12	1,00	3,29	0,6426	3,87	0,7559	3,15	0,6152	5,25	1,0254	3,34	0,6523	8	1,5625	13,8	2,6953
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,0704	1,00	0,017	0,2415	0,0060	0,0852	0,0497	0,706	0,0221	0,3139	0,0141	0,2003	0,041	0,5824	0,453	6,4347
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	0,0010	1,00	0,0010	1	0,0010	1	0,0010	1	0,0010	1	0,0010	1	0,0010	1	0,0010	1
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	4,45	1,00	6,77	1,5213	4,64	1,0427	4,84	1,0876	6	1,3483	4,35	0,9775	5,03	1,1303	5,81	1,3056
pH à 25ºC - Bancada	6,71	1,00	6,85	1,0209	7,1	1,0581	7	1,0432	6,89	1,0268	6,84	1,0194	7,27	1,0835	7,3	1,0879
Sulfetos (mg.L^{-1})	0,0050	1,00	0,0050	1	0,0050	1	0,0050	1	0,0050	1	0,0188	3,76	0,0050	1	0,0050	1
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	0,2000	1,00	0,2000	1	0,2000	1	0,2000	1	0,2000	1	0,2000	1	0,2000	1	0,2000	1
	∑	26,00	∑	26,24	∑	33,87	∑	27,98	∑	26,91	∑	85,75	∑	30,62	∑	82,07
Valor Agregado de referência	ARTR P1	1,00	ARTR P2	1,01	ARTR P3	1,30	ARTR P4	1,08	ARTR P5	1,03	ARTR P6	3,30	ARTR P7	1,18	ARTR P8	3,16

Os maiores valores para ARTR que indicam, por ordem decrescente, os pontos de pior qualidade para os de melhor qualidade no mês de fevereiro de 2023 são:

ARTR P6 (3,30) > ARTR P8 (3,16) > ARTR P3 (1,30) > ARTR P7 (1,18) > ARTR P4 (1,08) > ARTR P5 (1,03) > ARTR P2 (1,01) > ARTR P1 (1,0)

Para o ponto P6, os parâmetros que mostraram os maiores valores do que aqueles da referência foram: cor, manganês total, níquel total, nitrogênio amoniacal, sólidos dissolvidos totais e sulfetos. Já para o ponto 8, os parâmetros que mostraram os maiores valores, influenciando uma ARTR de 3,16 foram alumínio dissolvido, condutividade elétrica, cor, fósforo total, sólidos dissolvidos, turbidez, zinco total e oxigênio dissolvido.

Quadro 25 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados no outono (maio de 2023)

Variaveis	P1	RTR P1	P2	RTR P2	P3	RTR P3	P4	RTR P4	P5	RTR P5	P6	RTR P6	P7	RTR P7	P8	RTR P8
Al Diss	1,07	1,00	0,359	0,34	0,659	0,62	0,952	0,89	0,751	0,70	1,91	**1,79**	0,343	0,32	0,597	0,56
AsTotal	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00
Cd Total	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00
Pb Total	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00
Cu Diss	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00
Condut	60,1	1,00	79,3	**1,32**	65,8	1,09	243	**4,04**	359	**5,97**	643	**10,70**	326	**5,42**	340	**5,66**
Cor Apar	418	1,00	223	0,53	1018	**2,44**	953	**2,28**	888	**2,12**	531	**1,27**	225	0,54	1619	**3,87**
Cr Total	0,00653	1,00	0,006	0,92	0,00973	**1,49**	0,00857	**1,31**	0,00817	**1,25**	0,0121	**1,85**	0,00635	0,97	0,0105	**1,61**
DBO	2	1,00	2	1,00	2	1,00	2,07	1,04	2,66	**1,33**	6,3	**3,15**	2	1,00	2	1,00
Colifor	7400	1,00	1700	0,23	15000	**2,03**	4400	0,59	1000	0,14	980	0,13	2400	0,32	7300	0,99
Fe Diss	0,7	1,00	0,446	0,64	0,978	**1,40**	0,775	**1,11**	0,532	0,76	1,25	**1,79**	0,354	0,51	0,366	0,52
P Total	0,0853	1,00	0,0641	0,75	0,242	**2,84**	0,297	**3,48**	0,265	**3,11**	0,257	**3,01**	0,0933	1,09	0,658	**7,71**
Mn Total	0,198	1,00	0,0956	0,48	0,46	**2,32**	0,536	**2,71**	0,462	**2,33**	0,762	**3,85**	0,204	1,03	0,344	**1,74**
Hg Total	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00
Ni Total	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,0096	**1,60**	0,00712	**1,19**	0,0258	**4,30**	0,006	1,00	0,006	1,00
Nitrato	3,12	1,00	1,56	0,50	2,08	0,67	1,71	0,55	7,5	**2,40**	2,67	0,86	1,5	0,48	1,5	0,48
Nitrog Amoniac	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	6,16	**20,53**	0,3	1,00	0,3	1,00
Óleos e Graxas	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00
Sóli Diss Tot	76	1,00	84	1,11	128	**1,68**	156	**2,05**	264	**3,47**	456	**6,00**	232	**3,05**	244	**3,21**
Turbidez	53,1	1,00	22,1	0,42	139	**2,62**	125	**2,35**	96,7	**1,82**	49,2	0,93	29,5	0,56	346	**6,52**
Zn Total	0,00624	1,00	0,006	0,96	0,0293	**4,70**	0,106	**16,99**	0,0251	**4,02**	0,0289	**4,63**	0,006	0,96	0,158	**25,32**
Fenóis tot	0,0035	1,00	0,001	0,29	0,0013	0,37	0,001	0,29	0,0016	0,46	0,0018	0,51	0,001	0,29	0,001	0,29
Oxig Diss	5,61	1,00	7,09	1,26	6,4	**1,14**	7,58	**1,35**	6,89	**1,23**	2,66	0,47	7,09	**1,26**	8,08	**1,44**
pH	6,28	1,00	7,03	1,12	6,76	1,08	6,96	**1,11**	7,09	1,13	6,94	**1,11**	7,18	**1,14**	7,49	**1,19**
Sulfetos	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00
Surfact	0,43	1,00	0,34	0,79	1,74	**4,05**	1,45	**3,37**	1,44	**3,35**	0,36	0,84	0,57	**1,33**	1,74	**4,05**
	∑	26,00	∑	21,65	∑	40,52	∑	55,11	∑	44,79	∑	74,71	∑	29,28	∑	75,15
	ARTR P1	**1,00**	**ARTR P2**	**0,83**	**ARTR P3**	**1,56**	**ARTR P4**	**2,12**	**ARTR P5**	**1,72**	**ARTR P6**	**2,87**	**ARTR P7**	**1,13**	**ARTR P8**	**2,89**

Os maiores valores para ARTR que indicam, por ordem decrescente, os pontos de pior qualidade para os de melhor qualidade no mês de maio de 2023 são:

ARTR P8 (2,89) > ARTR P6 (2,87) > ARTR P4 (2,12) > ARTR P5 (1,72) > ARTR P3 (1,56) > ARTR P7 (1,13) > ARTR P1 (1,0) > ARTR P2 (0,83)

Nesta amostragem, o ponto P8 teve o maior valor para o ARTR pelas variáveis condutividade elétrica, Cor, fósforo total, zinco total e surfactantes, entre outros.

Quadro 26 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados no inverno (agosto de 2023)

	P1	RTR P1	P2	RTR P2	P3	RTR P3	P4	RTR P4	P5	RTR P5	P6	RTR P6	P7	RTR P7	P8	RTR P8
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	0,0399	1,00	0,0628	1,57	0,0831	2,08	0,0412	1,03	0,147	3,68	0,239	5,99	0,157	3,93	0,783	19,62
Arsênio Total (mg As.L-1)	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,005	25,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00
Condutividade uS/cm à 25°C	43,4	1,00	65,9	1,52	57,7	1,33	99,6	2,29	83,5	1,92	275	6,34	138,2	3,18	929	21,41
Cor Aparente U.C	226	1,00	230	1,02	272	1,20	257	1,14	334	1,48	198	0,88	345	1,53	292	1,29
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (	4,5	1,00	2,49	0,55	3,26	0,72	3,55	0,79	4,79	1,06	2,78	0,62	2,4	0,53	2,00	0,44
Coliformes termotolerantes (NMP.1	1000	1,00	130	0,13	1500	1,50	120	0,12	2400	2,40	610	0,61	1900	1,90	1	0,00
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	0,426	1,00	0,187	0,44	0,115	0,27	0,163	0,38	0,288	0,68	0,122	0,29	0,256	0,60	0,206	0,48
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,05	1,00	0,313	6,26	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05	1,00
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,0549	1,00	0,0374	0,68	0,0199	0,36	0,0396	0,72	0,0388	0,71	0,512	9,33	0,0563	1,03	0,116	2,11
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,0103	1,72	0,006	1,00	0,006	1,00
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,741	1,00	0,882	1,19	0,514	0,69	0,899	1,21	0,609	0,82	1,03	1,39	0,799	1,08	2,32	3,13
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,6	2,00
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	20	1,00	50	2,50	76	3,80	60	3,00	42	2,10	124	6,20	70	3,50	368	18,40
Turbidez (ntu)	18	1,00	19,4	1,08	27,5	1,53	17,7	0,98	28,8	1,60	19,7	1,09	36,8	2,04	23,1	1,28
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,00607	1,00	0,006	0,99	0,006	0,99	0,006	0,99	0,0175	2,88	0,013	2,14	0,006	0,99	0,0718	11,83
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	0,003	1,00	0,001	0,33	0,0023	0,77	0,001	0,33	0,001	0,33	0,001	0,33	0,001	0,33	0,001	0,33
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	10,6	1,00	8,05	0,76	7,95	0,75	9,78	0,92	8,34	0,79	8,34	0,79	6,61	0,62	8,05	0,76
pH à 25ºC - Bancada	6,52	1,00	6,69	1,03	6,97	1,07	6,55	1,00	6,37	0,98	6,12	0,94	6,76	1,04	3,41	0,52
Sulfetos (mg.L^{-1})	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	0,22	1,00	0,38	1,73	0,5	2,27	0,56	2,55	0,5	2,27	0,2	0,91	1,47	6,68	0,2	0,91
Temperatura da amostra °C	10	1,00	10	1,00	10	1,00	8	0,80	13	1,30	12	1,20	10	1,00	18	1,80
	∑	27,00	∑	32,78	∑	55,34	∑	29,27	∑	36,01	∑	50,75	∑	40,99	∑	96,33
Valor Agregado de referencia	ARTR P1	1,00	ARTR P2	1,21	ARTR P3	2,05	ARTR P4	1,08	ARTR P5	1,33	ARTR P6	1,88	ARTR P7	1,52	ARTR P8	3,57

No inverno foi a estação P8 que se destacou por apresentar principalmente alumínio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais e zinco total muitas vezes maior do que a estação de referência.

Os maiores valores para artr que indicam, por ordem decrescente, os pontos de pior qualidade para os de melhor qualidade no mês de agosto de 2023 são:

ARTR P8 (3,57) > ARTR P3 (2,05) > ARTR P6 (1,88) > ARTR P7 (1,52) > ARTR P5 (1,33) > ARTR P2 (1,21) > ARTR P4 (1,08) > ARTR P1 (1,0)

Ordenando-se os valores de ARTR, volta-se com a análise de um a um dos RTR's calculados. Desta forma pode-se estabelecer quem e como variou e os parâmetros responsáveis por estes resultados. Na tabela 1.2.3.18 abaixo apresentada, pode-se notar em cada época de coleta, os locais de melhor e de pior qualidade em todo o sistema.

Quadro 27 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados

Estação	nov/22	Estação	fev/23	Estação	mai/23	Estação	ago/23
Amostral	ARTR	Amostral	ARTR	Amostral	ARTR	Amostral	ARTR
P6	2,96	P6	3,30	P8	2,89	P8	3,57
P8	2,10	P8	3,16	P6	2,87	P3	2,05
P5	1,27	P3	1,30	P4	2,12	P6	1,88
P2	1,16	P7	1,18	P5	1,72	P7	1,52
P7	1,11	P4	1,08	P3	1,56	P5	1,33
P4	1,06	P5	1,03	P7	1,13	P2	1,21
P3	1,01	P2	1,01	P1	1,00	P4	1,08
P1	1,00	P1	1,00	P2	0,83	P1	1,00
	Local de melhor qualidade						
	Local de pior qualidade						

Em todas as épocas, há uma alternância entre os locais com melhor qualidade. Porém, podemos notar que as estações amostrais que são consideravelmente diferentes da estação de referência P1, são P6 e P8, que apresentam um valor de ARTR superior a esta. No verão e no inverno, estas estações mostraram os maiores valores, considerando estas épocas como as de mais baixa qualidade ambiental para estes locais, nos períodos estudados.

2.3.15. Considerações Finais

A qualidade da água da bacia hidrográfica do arroio Candiota, na área amostrada, é fortemente influenciada pelos diferentes usos do solo no entorno desse ambiente. Os usos do solo na bacia estão relacionados principalmente à lavoura de soja, pecuária, cultivo de eucalipto, mineração de carvão, fábrica de cimento, esgoto doméstico, industrial e hospitalar, entre outros. Existem ali, como anteriormente apresentado, por exemplo:

- Na estação de referência P1 - que está localizada à montante da BR 293, entre esta e a linha férrea, onde se observa ainda a montante, agricultura e pecuária e a jusante, a mina de carvão Seival, utilizada para abastecer a Pampa Sul;
- Na estação P2 – localizada a montante da usina termelétrica, existe ali a influência da Barragem I, da Barragem Velha e de um Wetland que recebe o esgoto da vila. Com o aumento das chuvas, esse ambiente verte suas águas

no arroio Candiota. Esta estação visa avaliar todas as atividades desenvolvidas à montante da contribuição dos efluentes hídricos da Usina;

- Na estação P3 - Estação à montante do deságue no Arroio Candiota, localizada no arroio Candiotinha, com área de drenagem ocupada intensamente por plantio de eucaliptos e com a presença da planta de produção de cimentos Votorantim, à beira da BR. Visa avaliar as atividades das indústrias cimenteiras no corpo receptor, além do cultivo de eucalipto;
- Na estação P4 - Estação à montante do deságue do esgoto da usina, localizada no arroio Candiota, visando avaliar as atividades desenvolvidas à montante da contribuição dos efluentes hídricos da Usina;
- Na estação P5 - Estação localizada no arroio Candiota, à jusante do deságue do Arroio Candiotinha, cuja matriz predominante é a agrícola, com o cultivo da soja e do eucalipto e à jusante do desague do efluente final líquido da Usina;
- Na estação P6 - Estação localizada no Arroio Poacá, após a confluência da Sanga da Carvoeira, visando avaliar as atividades de mineração de carvão no corpo receptor;
- Na estação P7 - Estação localizada após a foz do Arroio Poacá, no arroio Candiota, à jusante de todas as fontes consideradas potencialmente geradoras de impactos ambientais;
- Na estação P8 - Estação amostral acrescentada por solicitação expressa em relato interpretativo do IBAMA – localizada logo após o lançamento do efluente tratado da termelétrica no arroio sem nome, que desagua posteriormente no arroio Candiota.

As características da água, a época do ano, consequentemente o clima e os usos do solo do entorno destes diferentes locais analisados refletem os resultados obtidos neste ano amostral, sendo que, como apresentado anteriormente, com exceção da estação P7, que em novembro de 2022 e em fevereiro de 2023 e da estação P2, em fevereiro de 2023, foram classificadas como classe 2, conforme a classificação proposta pelo CONAMA 357/2005, todas as demais estações amostrais apresentaram qualidade de classe 3 ou 4.

Já, com relação à toxicidade da água, considerando a série histórica de dados, as Estações Amostrais P1, P2, P4, P5 e a P7 apresentaram as menores médias do índice de toxicidade e as menores frequências de ocorrência de toxicidade, enquanto a P8, que

representa o efluente hídrico da Usina Termelétrica Presidente Médici, apresenta o segundo maior índice de toxicidade e frequência de ocorrência de efeitos tóxicos aos organismos aquáticos, seguindo a estação P6.

As estações amostrais P5 e P7, que estão localizadas à jusante do despejo do efluente da Usina, têm demonstrado melhor qualidade da água, em relação ao P8. Mesmo que o plano de monitoramento, no momento, não contemple uma análise da capacidade de depuração nos locais à jusante do lançamento deste, as tendências de cada parâmetro analisado demonstram que há uma boa capacidade de metabolização e manutenção da qualidade da água observada à montante do despejo do efluente da usina. Portanto, não há como atestar peremptoriamente a influência da usina termelétrica na bacia do arroio Candiota, sem levar em consideração todos os demais usos do solo nomeados anteriormente.

2.3.16. Referências Bibliográficas

ABNT, 2023 NBR 12648, Toxicidade crônica - Método de ensaio com algas (Chlorophyceae).

ABNT, 2022. NBR 15499, Toxicidade crônica de curta duração - Método de ensaio com peixes.

ABNT, 2022 NBR 13373, Toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea, Cladocera).

BARROS, J. C.; BARRETO, F. M. S.; LIMA, M. V. Aplicação do Índice de Qualidade das Águas (IQA-CETESB) no açude Gavião para determinação futura do Índice de Qualidade das Águas Brutas para fins de Abastecimento Público (IAP). In: VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palma/Tocantins, 2012.

COSTA, H. F. Monitoramento da qualidade da água e do uso e cobertura da terra na bacia de contribuição da represa de São Pedro, Juiz de Fora (MG) no período de 2005 a 2015. Trabalho Final de Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora. 2016.

ESTEVES, F.A.; PEREIRA, F.M. Eutrofização Artificial. In: Esteves, F.A. Fundamentos de Limnologia. 3ª Ed. Rio de Janeiro. Interciência, 2011, p. 625-655.

FRANCO,B.D.M. Microbiologia dos Alimentos. Ed. Atheneu, São Paulo, 2003.

ROHDE, G.M. (2008). Geoquímica ambiental e estudos de impacto. 3.ed. São Paulo, Signus Editora, 184p.

SAAD, A. R.; SEMENSATTO JR, D. L.; AYRES, F. M.; OLIVEIRA, P. E. Índice de Qualidade da Água – IQA do reservatório do Tanque Grande, município de Guarulhos, estado de São Paulo, Brasil: 1990 – 2006. Revista UnG – Geociências, v.6, n.1, p.118-133, 2007.

STRECK, C. D'A.; ORTIZ, L.S.; TEIXEIRA, E.C.; SÁNCHEZ, J.C.D. A influência das atividades do processamento do carvão sobre a qualidade das águas na Bacia do Arroio Candiota, RS. In Anais XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, Dez., pp. 1 – 8. 2000.

2.4. MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Responsável técnico: Geólogo Dr. Fábio Herbert Jones – CREA Nº RS241891

A água subterrânea é um dos bens mais preciosos, e importantes, que existe no planeta, tendo um percentual significativo no abastecimento de água doce para consumo humano. Muitos municípios são dependentes da água subterrânea para beber e higienizar, irrigar, utilizar na indústria e na pecuária. Essa realidade se acentua principalmente em áreas com baixa precipitação de água meteórica, influenciando em recursos hídricos superficiais limitados; ou devido à elevada procura por parte da agropecuária e populações em crescimento (USEPA, 2023). Além disso, as águas subterrâneas são essenciais para o suprimento de áreas úmidas e águas superficiais alimentadas por nascentes.

A boa qualidade das águas subterrâneas é extremamente relevante para a saúde e economia do país, principalmente em locais onde não existe saneamento de esgotos, tratamento e abastecimento público de água. O solo, frequentemente, funciona como uma espécie de filtro para as águas subterrâneas, retendo e depurando grande parte das impurezas que são depositadas em sua superfície. Contudo, dependendo do nível de alteração da qualidade ambiental, nem sempre o solo consegue reter essa contaminação (o qual é dependente também das características físicas e químicas do próprio solo). A contaminação antrópica pode ser oriunda de diversas fontes como, por exemplo, a deposição de poluentes atmosféricos, a aplicação de defensivos e fertilizantes utilizados na agricultura, a disposição de resíduos sólidos industriais e urbanos, a introdução ou vazamento de esgotos domésticos e industriais, os vazamentos em postos de gasolina, os poços profundos mal instalados ou abandonados, as operações mineiras, e interferências não intencionais, tais como derramamentos de produtos químicos ou fugas de tanques de armazenamento, entre outros (Moreira-Nodermann, 1987; CETESB, 2001; USEPA, 2023).

O monitoramento ambiental das águas subterrâneas é primordial para a identificação de alterações físicas e químicas das águas. Na área de estudo, que compreende o espaço das instalações atuais e pretéritas da usina Termelétrica Presidente Médici, são analisados possíveis alterações na água subterrânea associada à geração de energia elétrica através do uso do carvão mineral. Entre esses produtos podemos elencar o carvão mineral, óleo combustível, lubrificantes em geral, produtos químicos diversos,

materiais metálicos, pilhas e baterias, lâmpadas diversas, madeira tratada, esgoto sanitário, entre outros. A região que está localizada a termelétrica também sobre influência da ocupação do entorno, como por exemplo, de áreas utilizadas para atividades agropecuárias, de esgotamento sanitário de área urbana adjacente, assim como influência natural da geologia local.

Este estudo tem por objetivo apresentar os resultados de monitoramento ambiental obtidos durante um ano de amostragem, a qual foi dividida em quatro campanhas amostrais no período 2022/2023, para águas subterrâneas na área da Usina Termelétrica Presidente Médici, situada no município de Candiota/RS.

As campanhas amostrais foram separadas em intervalos trimestrais sendo representativas de cada estação do ano e buscam atender as determinações do monitoramento ambiental exigido pelo IBAMA, na área denominada aqui como praça de trabalho da Usina Termelétrica Presidente Médici. A área próxima à termelétrica, denominada de praça de trabalho, é o local em que há o estoque de insumos, a manutenção, o estoque e conserto de peças, bem como o transporte e circulação para as atividades que utilizam rotineiramente estas áreas e seus equipamentos.

Quadro 28 - Período das campanhas amostrais de água subterrânea 2022/2023

Período	Campanha - 1	Campanha - 2	Campanha - 3	Campanha - 4
Estação	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Purga	11 e 12/11/2022	10 e 11/02/2023	05 e 06/05/2023	11 e 12/08/2023
Amostragem	13/11/2022	12/02/2023	07/05/2023	13/08/2023

As águas subterrâneas foram estudadas, visando o monitoramento contínuo e estabelecer a sua qualidade em dezesseis poços existentes na área. No início do monitoramento no ano de 2013-2014, a malha de monitoramento possuía vinte poços para amostragem de água subterrânea, sendo que onze estavam localizados na área da Usina Fase B e Fase C (PM1, PM-2, PM-3, PM-4, PM-6, PM-7, PM-8, PM-9, PM-10, PM-11 E PM-12), enquanto quatro estavam situados na área conhecida como almoxarifado (PM-5, PM-13, PM-14, e PM-15), e cinco na área denominada de Candiota 1 (PM-16, PM-17, PM-18, PM-19, e PM-20).

Segundo Viero (2014) responsável pelo estudo das águas subterrâneas em 2013-2014, dois destes poços foram abandonados por não reunirem condições de serem amostrados, sendo esses os poços PM-15 (Almoxarifado) o qual foi soterrado por obras de terraplanagem, e o PM-18 (Candiota 1) apresentando danos irreversíveis na estrutura devido à escavação próxima do poço.

No ano de 2016, novembro, em que foram retomados os estudos que compõem o monitoramento ambiental, daqueles dezoito poços que estavam em condições de serem amostrados, com exceção dos poços PM-15 (Almoxarifado) e o PM-18 (Candiota 1), foram identificados mais dois poços que não tinham condições de amostragem (PM-8 e PM-11) devido às condições de preservação e avarias os quais impossibilitaram a projeção do amostrador.

As localizações dos dezesseis poços de monitoramento de água subterrânea em condições de amostragem através das coordenadas UTM (Quadro 29) e o perímetro delimitador das áreas denominadas de Usina Fase B e Fase C, Almoxarifado e Candiota 1 estão apresentados na Figura 14. Analisando as diferenças altimétricas no relevo da área de estudo através de imagens de satélite é possível inferir o escoamento superficial das águas meteóricas e o provável caminho das águas subterrâneas representados na Figura 14 com setas azuis.

Quadro 29 - Localização UTM dos poços de monitoramento da água subterrânea nas áreas da Usina Termelétrica Presidente Médici

Área	Poço	UTM - E (m)	UTM - N (m)	Zona
Usina Fase B e Fase C	PM-1	245195,82	6506043,27	22 J
	PM-2	245144,47	6506281,07	22 J
	PM-3	244683,33	6505880,15	22 J
	PM-4	245358,92	6506299,68	22 J
	PM-6	245082,28	6506526,44	22 J
	PM-7	245673,49	6506557,58	22 J
	PM-9	244986,59	6506089,14	22 J
	PM-10	245627,95	6506227,75	22 J
	PM-12	244876,72	6506066,47	22 J
Almoxarifado	PM-5	244813,75	6505698,77	22 J
	PM-13	245142,03	6505722,07	22 J
	PM-14	245090,69	6505757,72	22 J
Candiota 1	PM-16	246367,73	6505638,09	22 J
	PM-17	246437,59	6505598,26	22 J
	PM-19	246207,34	6505747,34	22 J
	PM-20	246362,77	6505724,51	22 J

Figura 14 - Mapa apresentando a localização das áreas monitoradas e dos poços de coleta de água subterrânea na Usina Termelétrica Presidente Médici. As setas azuis representam as diferenças altimétricas relativas orientadas da maior para a menor cota e os possíveis percursos das águas meteóricas e subterrâneas no local



2.4.1. Metodologia

Cada campanha amostral é composta pelas etapas de pré-campo, campo e pós-campo. A etapa de pré-campo compreende todas as atividades de manutenção e logística para as campanhas amostrais. Atividades que correspondem à reserva de veículos, reserva da hospedagem, reuniões com o grupo de campo, manutenção, calibração e limpeza dos equipamentos elétricos e eletrônicos usados em campo, verificação e limpeza de todo material de campo, aquisição de materiais e frascos para a realização das coletas, aviso prévio das datas do campo para a termelétrica, pedido de acesso aos locais onde se encontram os poços de monitoramento, retirada e carregamento dos veículos.

A etapa de campo compreende todas as atividades diretas para a amostragem, tais como o deslocamento até a área amostral, a predeterminação da rota amostral dos poços, a análise das condições dos poços, as observações das condições do tempo, a realização da purga dos poços, medidas de campo, a coleta das amostras e sua preservação, e a logística de retorno.

A etapa de pós-campo compreende o encaminhamento das amostras para os laboratórios, na limpeza dos equipamentos utilizados e seu armazenamento em local adequado, finalização da logística e entrega dos veículos, recebimento dos resultados das análises físicas, químicas e biológicas, tratamento e análise dos dados, elaboração de relatório parcial.

2.4.2. Análise de Preservação dos Poços

Os poços já existem e a determinação da localização foi produto de um estudo geoambiental os quais foram devidamente georreferenciados por coordenadas UTM.

Previamente a realização da purga foi verificada a integridade dos poços a partir dos seus componentes tais como revestimento interno, filtro, pré-filtro, proteção sanitária, tampão, sistema de proteção, selo, preenchimento e guias centralizadoras. Estas condições serão devidamente descritas em caderneta de campo e devidamente fotografadas, assim como as condições e possíveis interferências do seu entorno. Estas informações foram inseridas em forma de planilha e apresentadas e discutidas nos relatórios parciais. As fotos foram selecionadas e inseridas em uma “plate” de modo que ilustrem as condições dos poços de uma forma geral.

2.4.3. Purga dos Poços

A rede de poços foi avaliada, levando em conta os critérios e considerações para a seleção de um método adequado de purga descritos no item 5 da ABNT NBR 15847/2010 (ABNT sugerida inclusive pela portaria da FEPAM 29/2017). Os critérios descritos englobam a verificação das normas estabelecidas pelos órgãos reguladores Federal, Estadual ou Municipal, revisão de dados históricos, considerações embasadas no projeto do poço, avaliação das condições hidráulicas do poço, qualidade do poço, geoquímica da subsuperfície, as particularidades hidrogeológicas. A análise desses critérios auxilia a determinar a estratégia mais apurada para a realização da purga no programa.

Além disso, o item 6 referente aos Critérios de Rebaixamento do Nível da Água durante a Purga da NBR 15847/2010 relata que os "*dados gerados em trabalhos anteriores de desenvolvimento e purga do poço de monitoramento devem ser considerados na definição e seleção do melhor procedimento de amostragem a ser utilizado*".

Com base nessa análise de critérios do item 5 e 6 da ABNT referida, e devido aos poços possuírem diferentes diâmetros, profundidades e condutividades hidráulicas, é recomendado manter o padrão de purga e de amostragem de trabalhos pretéritos na área estudada com o objetivo de manter a comparabilidade dos dados anteriores.

Sendo assim, o método da Purga de Volume Determinado (item 7.1 da NBR 15847/2010) é o que melhor qualifica para a coleta em frente à heterogeneidade dos poços de estudo. As vantagens desse método são (item 7.1.3 da NBR 15847/2010):

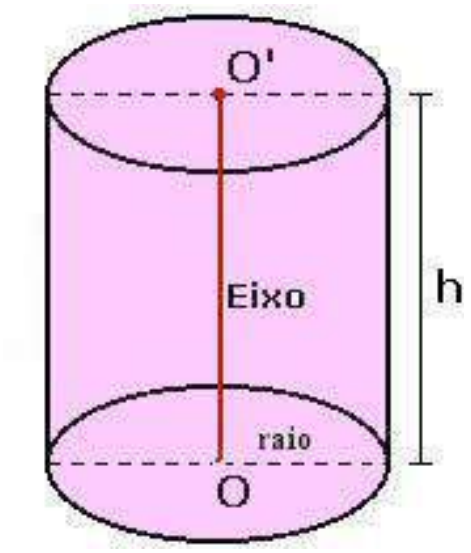
- pode ser usado com praticamente todos os tipos de bombas ou equipamentos de amostragem por captura;
- não requer medições químicas para que se determine se a purga já está completa;
- não requer controle contínuo dos parâmetros físico-químicos para que se determine se a purga já está completa.

Dessa maneira, os parâmetros físico-químicos como pH, potencial de oxirredução (Eh), condutividade elétrica e oxigênio dissolvido não são obrigatórios segundo a ABNT, apenas recomendados. Segundo Jardim (2014), "*os dados de potencial redox precisam ser analisados com cautela, uma vez que nem sempre a cinética permite que as condições*

de equilíbrio termodinâmico sejam estabelecidas em ambientes complexos e que se alteram constantemente, como é o caso de sistemas aquáticos naturais". Isso aponta a problemática da medição de Eh em águas subterrâneas em frente a sua instabilidade.

Apesar do método de purga de volume determinado, com base nas primeiras pesquisas desenvolvidas sobre amostragem de águas subterrâneas, indicar a necessidade de se retirar por volta de 3 a 5 vezes o volume de água presente no poço para assegurar que a água seja representativa, a Nota 2 do Item 7.1.1 da NBR 15847/2010 referente à Descrição do Método salienta que "e*studos subsequentes concluíram que não há uma recomendação segura quanto ao número de vezes que o volume d'água contido no poço deva ser removido, de maneira a se garantir uma amostra representativa em todas as áreas a serem monitoradas, pois dependem das características hidrogeológicas específicas e que, portanto devem ser consideradas nesta definição, com base no julgamento profissional*". Sendo assim, o volume de água purgado será determinado em campo em frente às variáveis climáticas que interferem na profundidade do nível freático, e, contudo, interfere diretamente na aquisição do volume de água do poço e na decisão do número de vezes que deve ser purgado o volume.

Após a constatação de situação adequada para a amostragem foi procedido a purga do poço, isto é, a eliminação total da água estagnada que estava no poço, mas sem esgotar o poço totalmente. Para tanto, uma trena eletrônica foi utilizada para determinar a posição inicial do nível freático e com a mesma trena desligada, foi medida a profundidade do poço (que é previamente conhecida, mas deve ser checada a cada amostragem). Ao conhecer a altura da coluna de água com base no diâmetro do poço, calculou-se a quantidade de água a ser retirada para certificar-se do esvaziamento do mesmo apenas com a água parada, evitando-se retirar a água que estará entrando no poço naquele momento. Portanto, antes de iniciar a purga, a quantidade de água parada na coluna de água foi determinada (água no interior do poço). Esse volume de água a purgar pode ser determinado através da equação abaixo:



$V = \Pi\ R^2 * H$

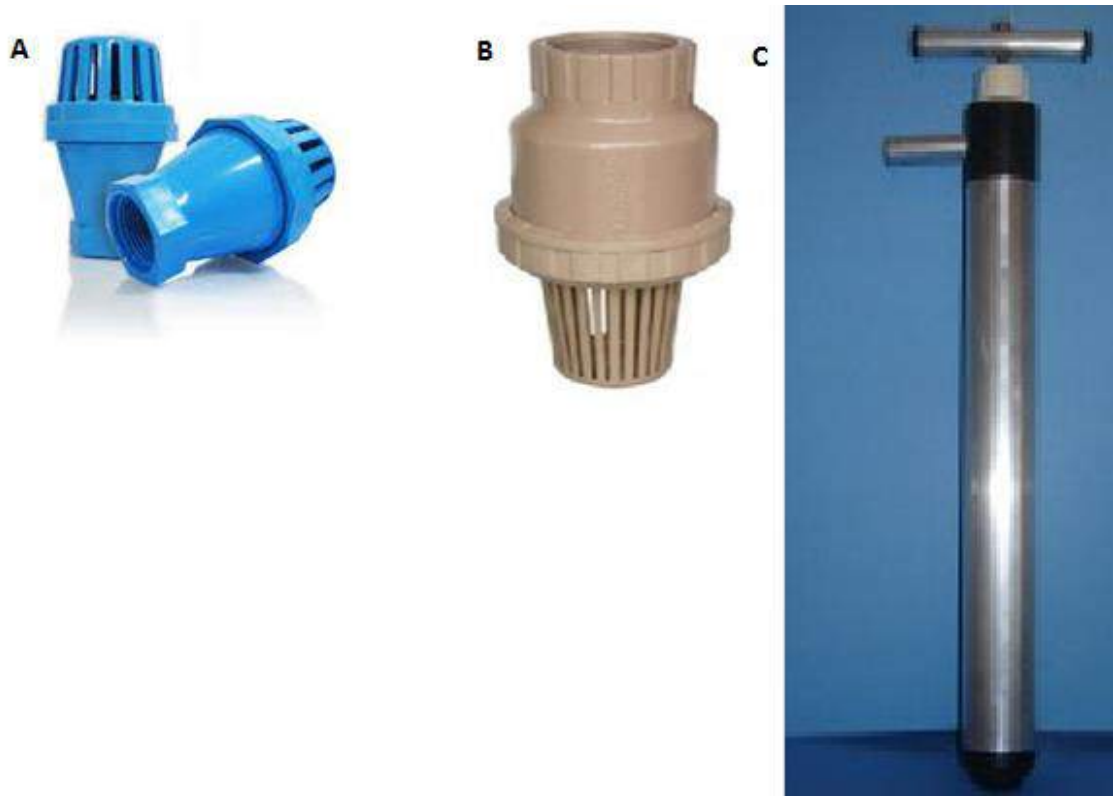
Onde:
V → é o volume de água (m^3);
π → é igual a 3,14;
r → é o raio do poço (m) = D÷2;
D → é o diâmetro do poço (m);
h → é profundidade da coluna de água (m).

Este procedimento foi desenvolvido em cada um dos poços monitores que apresentem condições de purga e de coleta de amostras de água. A purga foi executa da mediante ao volume calculado e com um método de retirada da água estagnada que:

- evite o distúrbio na coluna d'água;
- evite a mistura de águas de zonas distintas e o aumento de turbidez;
- o fluxo de água do aquífero renove a água que passa pela seção filtrante;
- amostras obtidas sejam representativas, sem necessidade de altas taxas de purga do poço, somente da água estagnada.

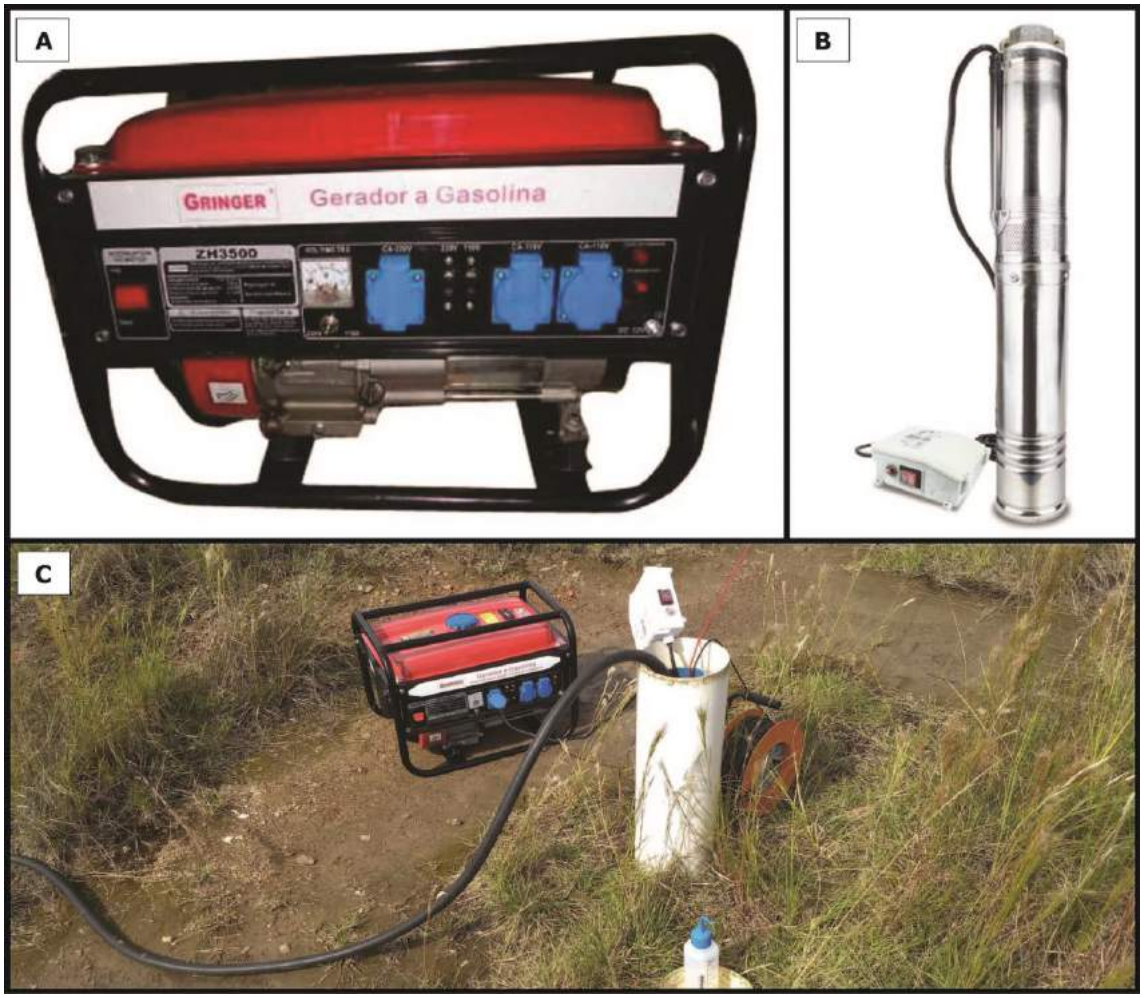
Para alcançar estas exigências enunciadas acima, utilizou-se uma "bomba de dreno manual" com mangueiras acopladas à válvula de pé (Figura 15). A utilização da válvula de pé, devidamente higienizada a cada amostragem, impede que a retirada da água estagnada retorne ao poço por qualquer bombeamento irregular ocasionando turbidez. A Figura 15 apresenta a bomba de dreno manual bem como as válvulas utilizadas. O equipamento de captação deve ser introduzido e removido de forma lenta e cautelosa no poço para evitar a movimentação de partículas sólidas eventualmente existentes no poço e no pré-filtro.

Figura 15 - Válvula de pé para colocação na mangueira para executar a purga do poço de vários tamanhos em função da variação da circunferência dos poços (A e B). Bomba de dreno manual, para o recalque da água estagnada do poço, visando o mínimo de turbidez possível (c)



Para alguns poços de maior diâmetro, foi utilizado para purga uma bomba de água submersível e um gerador de energia (Figura 16). A bomba de água submersível é do tipo caneta de ½ HP e 1,5" com entrada de 220 Volts modelo 4SGM2/4A -Tander Profissional. A bomba é ligada no gerador de energia Gringer, modelo ZH3500, com 3000 watts de potência com saída em 110 e 220 Volts. A Figura 16-C ilustra o sistema utilizado em poços com maior volume onde temos o gerador alimentando a bomba submersa a qual tem uma mangueira conectada para a saída da água, colocada dentro do poço junto com o medidor de profundidade do nível de água. Os poços em que será utilizada a bomba submersa são PM-1, PM-5, PM-7 e PM-10. Todo equipamento é devidamente higienizado após a cada purga realizada. A purga sempre é realiza pelo menos 24 horas antes da coleta com o objetivo de garantir a recuperação e estabilização do poço de monitoramento.

Figura 16 - (A) Gerador Gringer ZH3500 para ligar a bomba submersível; (B) Bomba de água submersível 1/2HP e 1,5" Tander profissional; (C) Amostragem poço PM-10 apresentando o sistema utilizado para o esgotamento de poços com maior volume de água devido ao maior diâmetro do poço para o monitoramento de água subterrânea da Termelétrica Presidente Médici no Município de Candiota



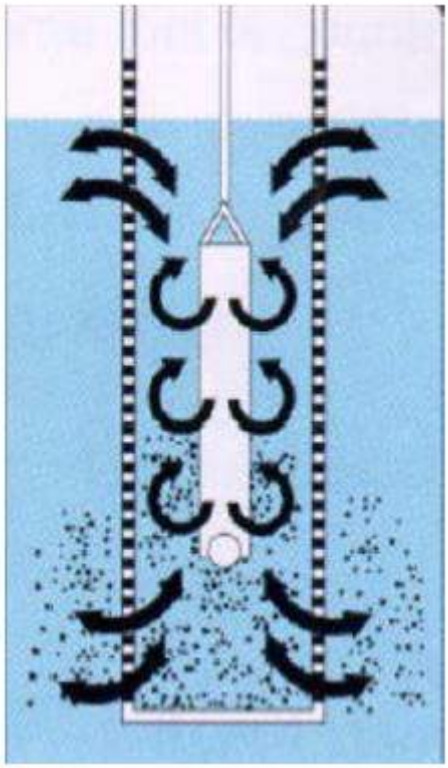
2.4.4. Coleta das Amostras

Após o tempo de recarga dos poços (pelo menos 24 horas depois da purga), iniciou-se o processo de amostragem das águas subterrâneas. Primeiramente foi anotado em planilha/caderneta de campo as condições do tempo e a temperatura do ar no local do poço no momento do início da coleta. Para realizar a coleta de água subterrânea foi utilizado um amostrador descartável do tipo "bailer". A Figura 17 apresenta de forma esquemática a utilização do amostrador do tipo "bailer" no momento que o instrumento atinge a camada hídrica do poço para a realização da amostragem. Este tipo de amostrador

é constituído por um tubo longo de diferentes diâmetros, aberto nas extremidades. Na parte do fundo, possui uma esfera que trabalha com uma válvula, que abre devido à pressão da água para entrar no tudo preenchendo o amostrador, e que fecha quando é içado para fora do poço, ou quando a pressão da água contida no poço é menor do que a da água coletada e contida dentro do amostrador. A parte superior do amostrador é constituída de um olhal para que possa ser amarrada uma corda, e assim, seja permitido inserir vagarosamente o amostrador no poço, como também para retirar o amostrar contendo a amostra de maneira vagarosa. Os “baillers” são confeccionados com materiais específicos (polietileno, PVC, aço inox e Teflon®), e adequados às características químicas dos líquidos a serem amostrados, desde água até os mais diversos tipos de contaminantes orgânicos em fase livre ou dissolvida.

Em tese, os amostradores do tipo “bailer” coletam amostras sem alterar a química das mesmas, uma vez que se enchem e esvaziam sem provocar qualquer sucção ou introdução de pressão na amostra. Contudo, no campo não é exatamente assim que ocorre, a quantidade de vezes que o “bailer” é introduzido e retirado do poço faz com que o nível d’água suba e desça, causando fluxo de água para dentro e para fora da secção filtrante. Esta reversão do sentido do fluxo faz com que as partículas finas presas ao revestimento, na seção filtrante e nas imediações do poço aumentem a turbidez da água. O aumento da turbidez está associado ao aumento das concentrações de metais e do tempo de filtragem com filtros para metais. Por ser um método manual, a qualidade do processo está diretamente ligada à habilidade do técnico, podendo ser afetada pela velocidade com que o “bailer” é introduzido no poço. Desse modo, existe a necessidade de cuidado máximo na coleta durante a introdução e a retirada do "bailer” no poço. Devido a esses cuidados pronunciados, a coleta é realizada por técnicos de nível superior extremamente qualificados e experientes no processo. Ao fazer a primeira amostragem foi medida a temperatura da água no momento da coleta, assim como é feita a coleta de oxigênio dissolvido e de coliformes termotolerantes, assim como foi realizada a observação da turbidez da água. Sequentemente, foram realizadas diversas amostragens até que se conseguiu preencher a série de frascos e bombonas para os ensaios analíticos realizados posteriormente em laboratório. Os frascos de amostragem foram devidamente identificados e armazenados em caixa de isopor adequada e com bom estado de preservação. O resfriamento das amostras, dentro de caixas de isopor, foi realizado com gelo para manter a temperatura ideal de conservação do material coletado (~4°C).

Figura 17 - Amostrador (descartável de polietileno) do tipo “bailer” utilizado para amostragem de água subterrânea nos poços de monitoramento de Candiota (Modificado de Soriano Junior, R.; Reis, F.A.G.V./Análise comparativa entre métodos de amostragem de águas subterrâneas)



Todo equipamento perene usado no poço foi adequadamente higienizado antes do manuseio e do prosseguimento da sequência da amostragem em outro poço monitor. Esses materiais são reconhecidamente inertes ao contaminante-alvo ou analito-alvo e demais componentes internos do poço. Tubos amostradores do tipo “bailer” utilizados na amostragem foram separados para o descarte após o término da coleta em cada poço.

As coletas de amostras atenderam ao estabelecido na ABNT NBR 15847/2010, assim como foram consideradas como base de consulta a Portaria nº 29/2017 e a Diretriz Técnica nº. 04/2021 – DIRTEC, ambas emitidas pela FEPAM, a respeito da sua aplicação nos serviços de monitoramento de águas subterrâneas.

2.4.5. Variáveis Analisadas

Muitas das variáveis analisadas serviram de parâmetros para estabelecer a qualidade da água subterrânea dos poços monitorados. Além das variáveis apresentadas no Quadro 30 - Variáveis analisadas para a qualidade da água subterrânea para a área de estudo da Usina Termelétrica Presidente Médici, foram medidas as variáveis de poço tais como nível estático (m) e profundidade (m), como também as variáveis de temperatura do ar (°C) e de temperatura da água (°C).

Quadro 30 - Variáveis analisadas para a qualidade da água subterrânea para a área de estudo da Usina Termelétrica Presidente Médici

Variáveis (Água Subterrânea)		
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	Al Dissolvido (mg·L^{-1})	Al Total (mg·L^{-1})
Condutividade (µS·cm^{-1})	As Dissolvido (mg·L^{-1})	As Total (mg·L^{-1})
Cor Real (U.C)	Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	Cd Total (mg·L^{-1})
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	Pb Total (mg·L^{-1})
DQO (mg·L^{-1} O_2)	Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	Cu Total (mg·L^{-1})
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	Cr Total (mg·L^{-1})
Fósforo Total (mg·L^{-1})	Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	Fe Total (mg·L^{-1})
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	Mn Total (mg·L^{-1})
OD (mg·L^{-1})	Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	Hg Total (mg·L^{-1})
pH	Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	Ni Total (mg·L^{-1})
Turbidez (NTU)	Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	Zn Total (mg·L^{-1})

2.4.6. Métodos Analíticos

No Quadro 30 são apresentados os métodos utilizados para a obtenção das variáveis medidas em laboratório para o monitoramento das águas subterrâneas na área da Termelétrica Presidente Médici, assim como suas unidades, graus de incerteza e limites quantitativos.

Quadro 31 - Métodos de aquisição de dados laboratoriais para os parâmetros avaliados para o monitoramento ambiental da área da usina termoelétrica. Onde L.Q. é o limite de quantificação

Análises Realizadas em Laboratório				
Parâmetros	**Unidade**	**Incerteza**	**L.Q.**	**Referência do Método Analítico**
Coliformes	(NMP·100mL^{-1})		1	SMWW, 23ª edição, método 9223B:2017
Condutividade	(µS·cm^{-1} à 25°C)	1,76852	1,0	SMWW, 23ª edição, método 2510B:2017
Cor Real	(U.C.)	6	10,0	SMWW, 23ª edição, método 2120C:2017
DBO_5	(mg O_2·L^{-1})	1,337256	2	SMWW, 23ª edição, método 5210B:2017
DQO	(mg O_2·L^{-1})	3,13088	6	SMWW, 23ª edição, método 5220B:2017
Fenóis Totais	(mg C_6H_6OH·L^{-1})	0,0000067	0,0001	EPA 8270E:2018
Fósforo Total	(mg P·L^{-1})	0,01	0,02	EPA método 200.7:2001
Óleos e Graxas	(mg O&G·L^{-1})	0,2	10	SMWW, 23ª edição, método 5520D:2017
OD	(mg O_2·L^{-1})	3,035	0,2	SMWW, 23ª edição, método 4500-O C:2017
pH	-		-	SMEWW, 23ª edição, método 4500 - H + B
Turbidez	(NTU)	0,085316	2,0	SMWW, 23ª edição, método 2130B:2017
Al Dissolvido	(mg Al·L^{-1})	0,0176	0,1	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
As Dissolvido	(mg As·L^{-1})	0,00177	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Cd Dissolvido	(mg Cd·L^{-1})	0,005724	0,005	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Pb Dissolvido	(mg Pb·L^{-1})	0,00142	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Cu Dissolvido	(mg Cu·L^{-1})	0,00444	0,03	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Cr Dissolvido	(mg Cr·L^{-1})	0,000825	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Fe Dissolvido	(mg Fe·L^{-1})	0,0479	0,3	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Mn Dissolvido	(mg Mn·L^{-1})	0,0419	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Hg Dissolvido	(mg Hg·L^{-1})	0,000017604	0,0001	EPA 7470A:1994
Ni Dissolvido	(mg Ni·L^{-1})	0,00227	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Zn Dissolvido	(mg Zn·L^{-1})	0,00364	0,05	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Al Total	(mg Al·L^{-1})	0,018	0,1	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
As Total	(mg As·L^{-1})	0,0002	0,002	EPA 3015A:2007
Cd Total	(mg Cd·L^{-1})	0,005724	0,005	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
Pb Total	(mg Pb·L^{-1})	0,001	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
Cu Total	(mg Cu·L^{-1})	0,004	0,03	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
Cr Total	(mg Cr·L^{-1})	0,0008	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
Fe Total	(mg Fe·L^{-1})	0,059	0,3	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
Mn Total	(mg Mn·L^{-1})	0,061	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
Hg Total	(mg Hg·L^{-1})	0,000017604	0,0001	EPA 7470A:1994
Ni Total	(mg Ni·L^{-1})	0,003	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
Zn Total	(mg Zn·L^{-1})	0,004	0,05	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017

As amostras foram conduzidas ao laboratório Ceimic localizado no Município de Porto Alegre (o qual é devidamente credenciado), observando o acondicionamento dos materiais amostrados bem como as técnicas de conservação com a temperatura de condução de 4°C e dentro da validade para cada tipo de amostra (Quadro 32 - Métodos de preservação e validades dos parâmetros analíticos para a realização de ensaios e aquisição de dados neste monitoramento ambiental).

Quadro 32 - Métodos de preservação e validades dos parâmetros analíticos para a realização de ensaios e aquisição de dados neste monitoramento ambiental

Variável	Unidade	Frasco	Preservação	Validade
DBO	mg/L	P	Refrigeração a 4°C	< 24 horas
DQO	mg/L	V	Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Fenois Total	mg/L	V	H2SO4 conc. Até pH<2 e Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Fosforo Total	mg/L	V	H2SO4 conc. Até pH<2 e Refrigeração a 4°C	< 24 horas
pH			Medida em Campo e Laboratório	< 24 horas
Condutividade	µS/cm	V	Medida em Campo e Laboratório	< 24 horas
Côr	mg/LPt-Co	V	Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Turbidez	NTU	P	Refrigeração a 4°C e manter ao abrigo da luminosidade	< 24 horas
Óleos e Graxas	mg/L	V	HCl +1 até pH ≤ 2 e Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Metais Totais (Al, Fe, Cu, As, Cd, Ni, Mn, Pb, Zn, Cr e Hg)	mg/L	P	HNO3 concentração até pH< 2 e Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Coliformes Termotolerantes (*E. Coli*)		V	Refrigeração < 10 °C Adicionar 0,3 mL para 120 mL de amostra	< 24 horas
Toxicidade Cronica		P	2mL sol. K2CrO7 a 20% em sol HNO3, 1:1 Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Toxicidade Aguda		P	2mL sol. K2CrO7 a 20% em sol HNO3, 1:1 Refrigeração a 4°C	< 24 horas

2.4.7. Teste de Toxicidade

Em complementação aos parâmetros físicos e químicos a serem realizados para o monitoramento das águas subterrâneas na área da Usina Termelétrica Presidente Médici, também serão coletas amostras para o monitoramento em relação a sua potencial toxicidade a organismos aquáticos. A amostragem foi realizada nos 16 poços de monitoramento ativos da área de estudo, e armazenadas em duas bombonas de 5 litros para cada poço amostral. O monitoramento da toxicidade foi realizado com organismos-teste de três diferentes níveis tróficos, a saber: algas, microcrustáceos e peixes. Para o monitoramento anual 2022-2023 da toxicidade das águas subterrâneas, foram utilizados os organismos-teste e suas respectivas metodologias apresentados no Quadro 33 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados para monitoramento dos poços de águas subterrâneas previstos no termo de referência, ou uma versão mais atual destas. As metodologias empregadas referem-se a ensaios de toxicidade crônica e que permitem a verificação e registro da toxicidade aguda, caso essa ocorra durante o ensaio.

Quadro 33 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados para monitoramento dos poços de águas subterrâneas previstos no termo de referência

PARÂMETRO	METODOLOGIA
Toxicidade crônica com o peixe *Pimephales promelas*	ABNT NBR 15499/2022
Toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*	ABNT NBR 13373/2022
Toxicidade crônica com a alga *Raphidocelis subcaptata*	ABNT NBR 12648/2022 ABNT NBR 12648/2023

*Segundo a versão mais atual da metodologia da ABNT (NBR 12648/2018) o nome do organismo-teste utilizado mudou de *Selenastrum capricornutum* para *Raphidocelis subcaptata*.

A frequência para o monitoramento da toxicidade será trimestral, seguindo o mesmo calendário previsto para o monitoramento dos demais parâmetros estabelecidos para as águas subterrâneas. As análises ecotoxicológicas aqui apresentadas foram realizadas no Laboratório Ecotox Análise e Consultoria Ambiental localizada no Município de Porto Alegre/RS e devidamente credenciado e certificado, cujas documentações serão anexadas aos relatórios.

2.4.8. Análise e Interpretação dos Dados

Os resultados das análises de água subterrânea para as variáveis físicas, químicas e microbiológicas foram interpretados com base na legislação vigente que dispõem sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas empregadas pela Resolução 396 de 2008 do CONAMA. Essa resolução possui quatro referências qualitativas as quais determinam os limites máximos das variáveis para o consumo humano (C.H.), dessedentação de animais (D.A.), irrigação e recreação.

No entanto, a Resolução 396 de 2008 do CONAMA apresenta, praticamente, limites quantitativos para as variáveis químicas de metais totais para os dados desse estudo. Assim, a necessidade de suprir os limites quantitativos para as demais variáveis, utilizou-se outras resoluções para classificação da qualidade das águas para o consumo humano. Para os metais dissolvidos se utilizou a mesma classificação dos metais totais estabelecidos na Resolução 396 de 2008 do CONAMA para águas subterrâneas, uma vez que os metais totais são a soma da fração dissolvida e da fração particulada.

Para os limites e a classificação dos demais parâmetros (quando existentes) foram utilizadas diversas referências tais quais a Resolução 396 de 2008 do CONAMA para águas subterrâneas, os padrões das águas subterrâneas referidos no livro de hidrogeologia

de 2008 da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB), a Resolução 1469 de 2000 do Ministério da Saúde. Para complementação de algumas variáveis ainda se utilizou as orientações para Classe 1 da Resolução 357 de 2005 do CONAMA para águas superficiais. Essa resolução foi usada nesse estudo uma vez que se entende a maior exigência de qualidade das águas subterrâneas para o consumo humano. Também foram utilizados limites estipulados em legislações internacionais. Os limites mais rigorosos dentro das resoluções mencionadas foram utilizados para classificação das variáveis estudadas. O Quadro 34 resume os parâmetros de classificação utilizados para cada variável analisada.

.

Quadro 34 - Referências de classificação para cada variável analisada

Água Subterrânea	Classificação			
Variável	396/CPRM	M.S./357	VI	Referência
Nível Estático (m)	-	-	-	**(a)** CONAMA 396-2008 - consumo humano; **(b)** CPRM 2008 - águas subterrâneas; **(c)** MS 1469-2000 - consumo humano; **(d)** CONAMA 357-2005 - classe 1; **(VI)** Valores internacionais - drinking.
Coliformes (NMP·100mL-1)		ausente (c)	ausente	
Condutividade ($\mu S \cdot cm^{-1}$)	-	-	500	
Cor Real (U.C)	-	15 (c)	15	
DBO5 ($mg \cdot L^{-1}$ O_2)	5 (b)	3 (d)	3	
DQO ($mg \cdot L^{-1}$ O_2)	10 (b)	-	-	
Fenóis Totais ($mg \cdot L^{-1}$)	0,003 (a)	0,003 (d)	-	
Fósforo Total ($mg \cdot L^{-1}$)	1 (b)	0,025 (d)	-	
Óleos e Graxas ($mg \cdot L^{-1}$)	-	ausente (d)	-	
OD ($mg \cdot L^{-1}$)	0-5 (b)	>6 (d)	-	
pH	5,5-8,5 (b)	6 a 9 (d)	6,5-8,5	
Temperatura àgua (°C)	-	-	-	
Temperatura ar (°C)	-	-	-	
Turbidez (NTU)	5 (b)	5 (c)	5	
Metal Dissolvido	396		VI	CONAMA **396**-2008 - cons. humano; **(VI)** Valores internacionais - drinking.
Al Dissolvido ($mg \cdot L^{-1}$)	0,2		0,2	
As Dissolvido ($mg \cdot L^{-1}$)	0,01		0,01	
Cd Dissolvido ($mg \cdot L^{-1}$)	0,005		0,002	
Pb Dissolvido ($mg \cdot L^{-1}$)	0,01		0,01	
Cu Dissolvido ($mg \cdot L^{-1}$)	2		2	
Cr Dissolvido ($mg \cdot L^{-1}$)	0,05		0,05	
Fe Dissolvido ($mg \cdot L^{-1}$)	0,3		0,3	
Mn Dissolvido ($mg \cdot L^{-1}$)	0,1		0,1	
Hg Dissolvido ($mg \cdot L^{-1}$)	0,001		0,001	
Ni Dissolvido ($mg \cdot L^{-1}$)	0,02		0,02	
Zn Dissolvido ($mg \cdot L^{-1}$)	5		3	
Metal Total	C.H.	D.A.	IR	CONAMA 396-2008: **(C.H.)** Consumo humano; **(D.A.)** Dessedentação de animais; **(IR)** Irrigação.
Al Total ($mg \cdot L^{-1}$)	0,2	5	5	
As Total ($mg \cdot L^{-1}$)	0,01	0,2	-	
Cd Total ($mg \cdot L^{-1}$)	0,005	0,05	0,01	
Pb Total ($mg \cdot L^{-1}$)	0,01	0,1	5	
Cu Total ($mg \cdot L^{-1}$)	2	0,5	0,2	
Cr Total ($mg \cdot L^{-1}$)	0,05	1	0,1	
Fe Total ($mg \cdot L^{-1}$)	0,3	-	5	
Mn Total ($mg \cdot L^{-1}$)	0,1	0,05	0,2	
Hg Total ($mg \cdot L^{-1}$)	0,001	0,01	0,002	
Ni Total ($mg \cdot L^{-1}$)	0,02	1	0,2	
Zn Total ($mg \cdot L^{-1}$)	5	24	2	

Além disso, serão utilizados para modo de discussão limites de referências nacionais e internacionais para alguns parâmetros. Esses limites são buscados em legislações nacionais e estrangeiras como no caso da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), da *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council* (ANZECC), da *Kentucky Pollutant*

Discharge Elimination System (KPDES), da *United States Environmental Protection Agency* (USEPA), da *Environmental Protection Agency* (EPA-Irlanda), da *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME), da *World Health Organization* (WHO), ou de publicações em artigos científicos.

A apresentação dos dados foi realizada previamente por meio de relatórios parciais que representam cada campanha amostral realizada e os quais foram compostos pela descrição dos procedimentos técnicos de coleta e preservação das amostras; data de realização da amostragem; registro fotográfico; posição georreferenciada dos locais de coleta, em GPS, juntamente com um mapa mostrando os referidos pontos (no formato JPG); parâmetros amostrados; condições meteorológicas do período de amostragem; descrição dos equipamentos utilizados na amostragem; profissionais envolvidos na realização dos trabalhos; cópia das ART's dos profissionais responsáveis pelas coletas e análises previstas no contrato; identificação do laboratório responsável pela realização das análises; laudos analíticos assinados por profissional habilitado para cada campanha contendo identificação da amostra analisada, metodologias analíticas utilizadas, modelo do instrumental analítico utilizado, limite de detecção do método; laudos analíticos assinados pelo técnico responsável habilitado, indicando o n° do registro no conselho profissional e o respectivo n° da ART pela execução das análises; tabela contendo os valores dos parâmetros analisados; interpretação dos resultados, referenciando cada local de amostragem isoladamente, bem como o comparativo com o "Ponto Branco"; relatórios técnicos assinados pelo técnico responsável habilitado, indicando o n° do registro no conselho profissional e cópia da respectiva ART pela execução dos serviços.

Este relatório apresenta a compilação, integração e análise dos dados coletados no período de um ano amostral. Tabelas, gráficos e mapas são apresentados a modo de facilitar a busca e entendimento dos dados. Comparações com dados de anos anteriores foram realizados a modo de visualizar a evolução da qualidade ambiental da água subterrânea.

2.4.9. Condições de Preservação dos Poços de Monitoramento

.

O Quadro 35 apresenta as medições *in loco* e as descrições do estado de preservação dos poços da última campanha amostral (Campanha 4, agosto de 2023), além de observações das amostras quando necessário. A *plate* de fotos da

Figura 18 apresenta imagens sobre as condições de preservação dos poços e a qualidade das amostras (mais documentado nos relatórios parciais trimestrais).

Em campanhas passadas, os poços receberam melhorias na sua proteção, assim como obtiveram alguns reparos, e atualmente todos estão em boas condições de conservação (Quadro 35 - Resultados obtidos *in loco* para os poços monitores da Campanha 4 do ano 2022/2023 referente ao mês de agosto. Apresentam-se as observações do estado de conservação dos poços. As cores representam o nível de qualidade de preservação dos poços em que verde representa boas condições, amarelo condiz com uma qualidade intermediária apresentando algumas degradações externas dos poços, e a cor vermelha significa péssimas condições de preservação). Apenas o poço PM-6, que está localizado na parte externa dos limites da usina, apresenta alguns danos externos relativos a uma queimada que ocorreu no local, mas sem deixar vulnerável o poço. A tampa que foi a parte mais atingida pela queimada foi substituída no PM-6 por uma nova.

As tampas da tubulação geomecânica azul agora apresentam cadeado ajudando na segurança e proteção dos poços. A reposição/substituição das tampas externas, assim como os reparos nas estruturas das tubulações evitam a entrada direta da água meteórica, diminuindo possíveis contaminações diretamente ao poço ou entrada de animais como já ocorrido em algumas campanhas passadas (rãs, pássaros, ratos).

Quadro 35 - Resultados obtidos *in loco* para os poços monitores da Campanha 4 do ano 2022/2023 referente ao mês de agosto. Apresentam-se as observações do estado de conservação dos poços. As cores representam o nível de qualidade de preservação dos poços em que verde representa boas condições, amarelo condiz com uma qualidade intermediária apresentando algumas degradações externas dos poços, e a cor vermelha significa péssimas condições de preservação

Poço	N.E. (m)	Prof. (m)	h (m)	D (m)	Vestag (L)	Vesgot (L)	T água (°C)	T ar (°C)
PM-1	2,85	8,80	5,95	0,100	46,73	49,00	17,1	7,2
	Obs.: Poço possui pequena rachadura na tubulação externa, mas apresenta **bom estado de conservação**. Água levemente turva na purga. Água cristalina na coleta.							
PM-2	0,50	5,39	4,89	0,051	9,99	7,80	15,0	8,9
	Obs.: Poço em **bom estado de conservação.** Água um pouco turva na purga. Água cristalina na coleta. Retirado os banheiros próximos do poço e realização de adequações nos depósitos de resíduos no pátio.							
PM-3	1,60	3,50	1,90	0,100	14,92	22,00	16,9	6,0
	Obs.: Poço em **boas condições de preservação**. Água cristalina na purga. Água cristalina na coleta.							
PM-4	0,48	2,45	1,97	0,100	15,47	30,00	14,4	10,9
	Obs.: Poço em **bom estado de conservação**. Água bastante turva na purga. Água cristalina na coleta.							
PM-5	5,84	9,68	3,84	0,100	30,16	35,00	17,1	7,2
	Obs.: Poço em **boas condições de preservação.** Água levemente turva na purga. Água cristalina na coleta.							
PM-6	0,57	4,88	4,31	0,100	33,85	25,00	14,8	8,9
	Obs.: Apesar do poço possuir pequenos danos devido à queimada, ele permanece em **boas condições de preservação**. Água um pouco turva no início da purga, após ficou cristalina. Água cristalina na coleta.							
PM-7	0,12	10,02	9,90	0,110	94,08	70,00	15,3	12,0
	Obs.: Poço em **bom estado de conservação**. Água cristalina na purga. Água cristalina na coleta.							
PM-8	Obs.: Poço soterrado.							
PM-9	0,68	4,18	3,50	0,110	33,26	33,30	14,9	6,3
	Obs.: Poço em **bom estado de conservação**. Água turva no início da purga, após ficou cristalina. Água cristalina na coleta.							
PM-10	6,47	12,53	6,06	0,100	47,60	47,70	16,0	9,4
	Obs.: Poço em **boas condições de conservação**. Água turva no início da purga, após ficou cristalina. Água cristalina na coleta.							
PM-11	Obs.: Poço destruído.							
PM-12	1,36	3,80	2,44	0,051	4,98	12,00	16,0	7,9
	Obs.: Poço em **boas condições de preservação**. Água bastante turva na maior parte da purga, no final ficou cristalina. Água cristalina no início da coleta, após ficou turva.							
PM-13	1,24	4,35	3,11	0,051	6,35	10,00	16,2	13,0
	Obs.: Poço em **bom estado de conservação**. Água um pouco turva na purga. Água cristalina no início da coleta, após ficou levemente turva.							
PM-14	2,55	6,00	3,45	0,051	7,05	8,00	18,8	11,0
	Obs.: Poço em **bom estado de conservação**. Água turva na purga. Água cristalina na coleta, após ficou levemente turva.							
PM-15	Obs.: Poço soterrado por obras de terraplanagem (Vieiro, 2014).							
PM-16	1,33	3,18	1,85	0,051	3,78	8,50	15,2	9,8
	Obs.: Poço em **boas condições de preservação.** Água turva no início da purga, após ficou cristalina. Água cristalina no início da coleta, após ficou um pouco turva.							
PM-17	1,46	2,86	1,40	0,051	2,86	12,00	15,6	14,5
	Obs.: Poço em **bom estado de conservação**. Água turva na purga. Água cristalina no início da coleta, após ficou gradativamente turva.							
PM-18	Obs.: Poço com danos irreversíveis na estrutura por escavação próxima (Vieiro, 2014).							
PM-19	0,47	4,62	4,15	0,051	8,48	12,00	14,9	13,1
	Obs.: Poço em **boas condições de preservação.** Água um pouco turva no início da purga, após ficou cristalina. Água cristalina na coleta.							
PM-20	0,29	2,42	2,13	0,051	4,35	4,35	13,8	13,3
	Obs.: Poço em **bom estado de conservação**. Não possui proteção contra colisões, no entanto, não se faz necessário devido estar localizado em meio a mata. Água turva na purga. Área do poço estava alagada. Água cristalina na coleta.							

Figura 18 - *Plate* de fotos apresentando as condições de preservação para cada poço de monitoramento da qualidade da água subterrânea





Quase a totalidade dos poços está contemplada com estruturas de proteção contra impactos com suas arestas formando uma geometria próxima a um cubo (tipo mesa) sendo

algumas removíveis e outras fixas. As estruturas possuem cores de sinalização de alerta (faixas intercaladas em amarelo e preto). Essas estruturas são extremamente importantes para a proteção dos poços contra a colisão principalmente de veículos e maquinários. A maioria dos danos nos poços era ocasionada principalmente por colisão de veículos, principalmente em locais onde a vegetação poderia encobrir visualmente os poços. Esse sistema ameniza bastante esse risco. Apenas o poço PM-20 não apresenta essa proteção, no entanto, não se faz necessário devido o poço estar extremamente protegido pela mata e árvores no local.

2.4.10. Condições Climáticas

O gráfico da Figura 19 (Campanha amostral 1), da Figura 20 (Campanha amostral 2), da Figura 21 (Campanha amostral 3) e da Figura 22 (Campanha amostral 4) apresenta as variações de temperatura máxima e mínima em relação à temperatura média diária, como também as medições de precipitação pluviométrica nos períodos entre coletas. Os dados utilizados são referentes da estação automática do INMET de Bagé.

Durante a primeira campanha amostral (C1) verifica-se no gráfico que os picos mais expressivos do nível de precipitação estão próximos de 50 $mm \cdot dia^{-1}$, e a média de precipitação por dia no período foi de 3,1 $mm \cdot dia^{-1}$. A temperatura média durante a C1 foi de 14,9°C, sendo que a média das temperaturas máximas é de 21,1°C (com temperatura máxima registrando 31,7°C) e a média das temperaturas mínimas é de 9,7°C (com temperatura mínima registrando 1,1°C). Apesar do período ter um pico pluviométrico relativamente parecida com o pico da última campanha do projeto de 2021/2022, ocorreu uma diminuição expressiva na média diária de chuva. A diferença é devida as chuvas menos regulares durante a primavera, e de modo geral com menor volume de queda meteórica. No entanto, o comportamento hídrico foi positivo em relação ao volume de água necessário para as coletas. Apesar da maioria dos níveis estáticos de água subterrânea estarem abaixo da campanha anterior, e o menor volume de precipitação na região no período entre coletas influenciar negativamente na recarga da água nos poços, diminuindo a disponibilidade de água na área; o volume foi o suficiente para o preenchimento dos frascos amostrais. O único poço que obteve maiores dificuldades com o volume de água foi o PM-2, o qual foi possível retirar amostra para os ensaios físico-

químicos enquanto para ensaios de ecotoxicologia necessitou de uma nova amostragem para obter metade de um galão com amostra.

Durante a segunda campanha amostral (C2) observa-se no gráfico que os picos mais expressivos do nível de precipitação estão próximos de 20 mm·dia^{-1}, e a média de precipitação por dia no período foi de 1,5 mm·dia^{-1}. A temperatura média durante a C2 foi de 24,1°C, sendo que a média das temperaturas máximas é de 31,5°C (com temperatura máxima registrando 39,1°C) e a média das temperaturas mínimas é de 17,8°C (com temperatura mínima registrando 9,9°C). Os períodos apresentam picos pluviométricos bastante distintos, em que o pico da C2 foi muito menor que o da C1. Essa diminuição expressiva também é registrada no regime de chuvas para o período em que ocorreu uma diminuição expressiva na média diária de chuva (caindo para menos da metade). A diferença é devida às chuvas menos regulares durante o verão na região, e de modo geral, com menor volume de queda meteórica. Essa baixa pluviométrica refletiu um comportamento hídrico negativo da água subterrânea em relação ao volume de água necessário para as coletas. Praticamente todos os poços apresentaram níveis estáticos de água subterrânea abaixo da campanha anterior, e o menor volume de precipitação na região no período entre coletas influenciou negativamente na recarga da água nos poços, diminuindo a disponibilidade de água na área. A forte estiagem teve como resultante um volume insuficiente para o preenchimento dos frascos amostrais de poços mais rasos, chegando inclusive a terem poços totalmente secos como no caso dos poços PM-3, PM-14 e PM-16. Além disso, muitos poços em que foi possível realizar coleta de água tiveram grande alteração na qualidade amostrada por causa da quantidade de material fino (argila e silte) aumentado à turbidez na hora da coleta.

Durante a terceira campanha amostral (C3) verifica-se no gráfico que os picos mais expressivos do nível de precipitação estão próximos de 48 mm·dia^{-1}, e a média de precipitação por dia no período foi de 4,5 mm·dia^{-1}. A temperatura média durante a C3 foi de 20,9°C, sendo que a média das temperaturas máximas é de 27,3°C (com temperatura máxima registrando 38,9°C) e a média das temperaturas mínimas é de 16,0°C (com temperatura mínima registrando 7,3°C). Em relação à campanha anterior, os períodos apresentam picos pluviométricos bastante distintos, em que o pico da C2 foi muito menor que o da C3. O regime de chuvas também registra um aumento no volume para o período da C3, tendo uma média pluviométrica por volta de três vezes maior que a C2. O alto índice pluviométrico registrado refletiu um comportamento do balanço

hídrico positivo da água subterrânea em relação ao volume de água necessário para as coletas. Inclusive a semana que precedeu a coleta teve uma constante queda de água meteórica, assim como se manteve as chuvas durante os dias de trabalho de campo para coleta de amostras. As chuvas regulares aliadas a constante diminuição das temperaturas refletiram níveis estáticos bastante elevados de água subterrânea. Algumas áreas onde se localizavam poços de monitoramento se apresentaram alagados. Diferentemente da campanha passada (a qual sofreu com a forte estiagem resultando em alguns poços sem água para amostrar), a atual campanha teve uma influência positiva na recarga da água nos poços, aumentando a disponibilidade de água na área e diminuindo os problemas de coleta referentes à escassez de água para amostragem. Devido ao encharcamento de muitos pontos de coleta, a reposição de água para a recuperação do poço foi bastante eficaz.

Durante a quarta campanha amostral (C4) observa-se no gráfico que os picos mais expressivos do nível de precipitação estão próximos de 65 $mm \cdot dia^{-1}$, e a média de precipitação por dia no período foi de 3,4 $mm \cdot dia^{-1}$. A temperatura média durante a C4 foi de 14,2°C, sendo que a média das temperaturas máximas é de 19,7°C (com temperatura máxima registrando 28,5°C) e a média das temperaturas mínimas é de 9,8°C (com temperatura mínima registrando -1,1°C). Apesar da diferença dos valores de picos pluviométricos entre as campanhas C3 e C4 (tendo a C4 o maior pico), ocorreu uma diminuição expressiva na média diária. Nota-se que a diferença é devida as chuvas mais regulares durante a C3 como apresentado nos gráficos abaixo. Apesar da diminuição da média pluviométrica em relação à campanha amostral anterior (C3), a quantidade e distribuição das chuvas foram o suficientemente boas para a recarga dos poços. A menor média de temperatura durante essa campanha ($T_{média}$ = 14,2°C) corroborou com a disponibilidade de água na área, diminuindo as dificuldades no momento da coleta, e permitindo uma coleta completa na primeira amostragem em todos os pontos. Essas condições meteorológicas refletiram em uma menor evaporação da água, assim como uma menor evapotranspiração das plantas no local influenciando positivamente na recuperação de água nos poços, proporcionando água suficientemente para todas as amostragens, sem a necessidade de retorno ao ponto para completar frascos amostrais.

Figura 19 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral 1 do projeto anual de 2022/2023 (dados obtidos do site do INMET)

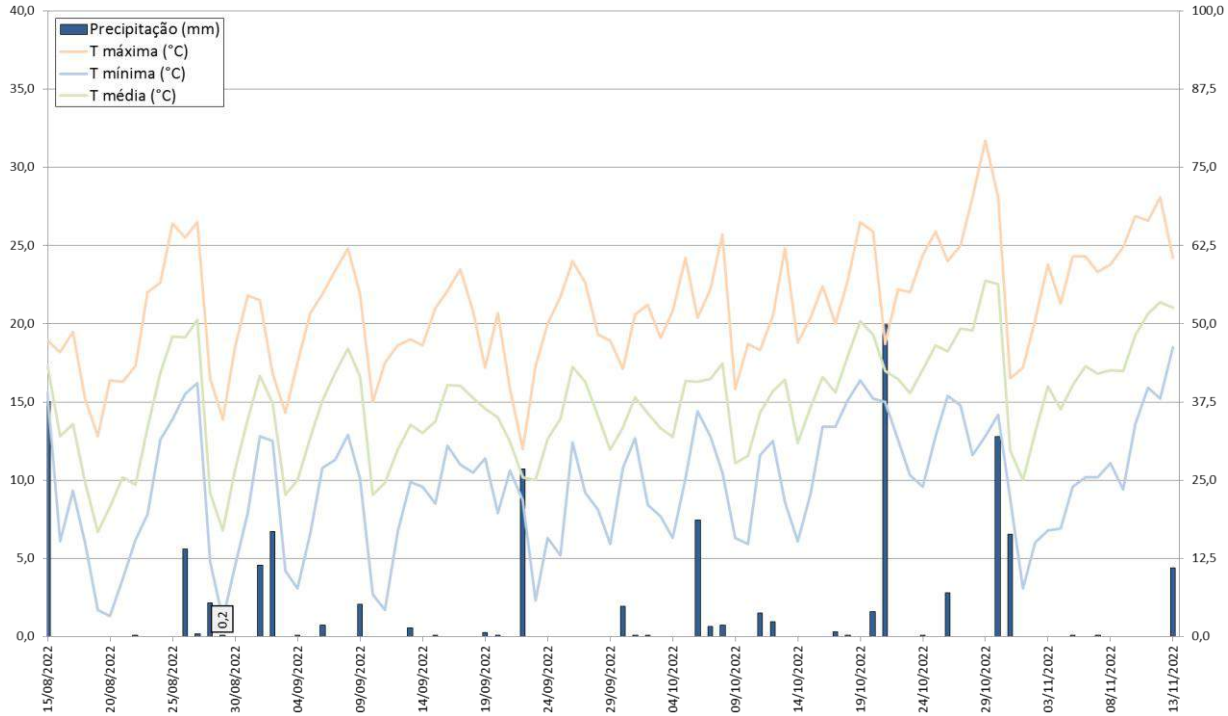


Figura 20 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral 2 do projeto anual de 2022/2023 (dados obtidos do site do INMET)

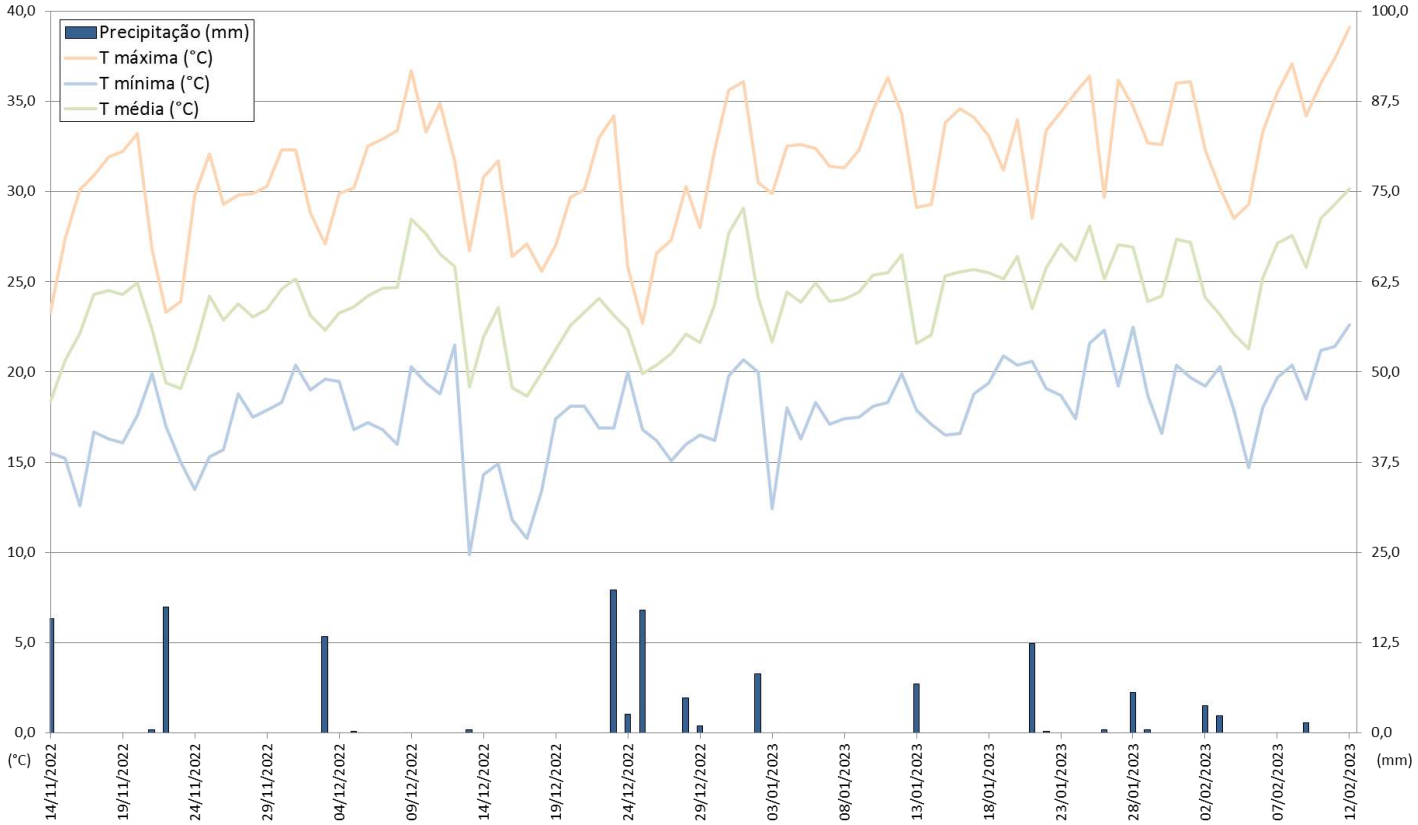


Figura 21 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral 3 do projeto anual de 2022/2023 (dados obtidos do site do INMET)

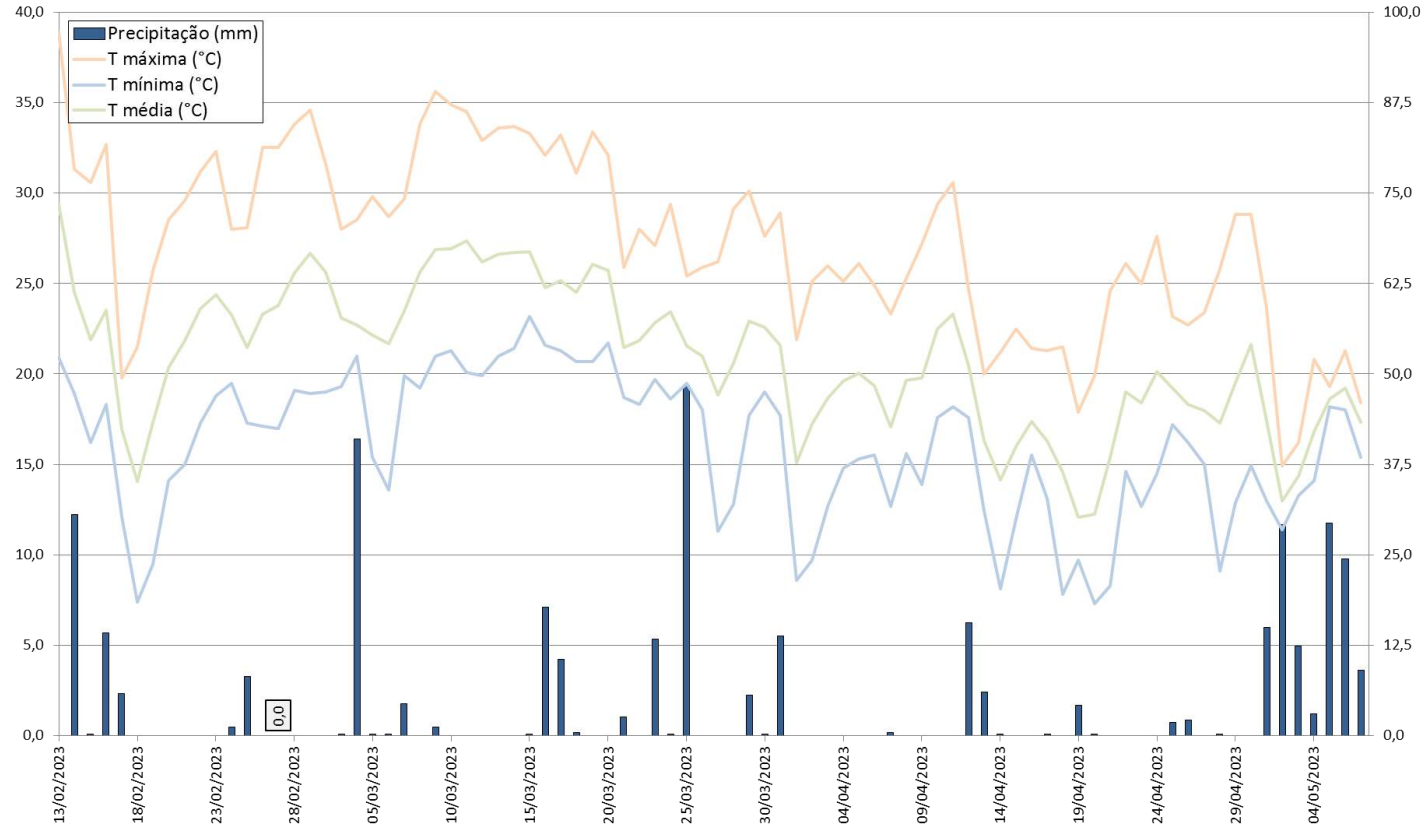
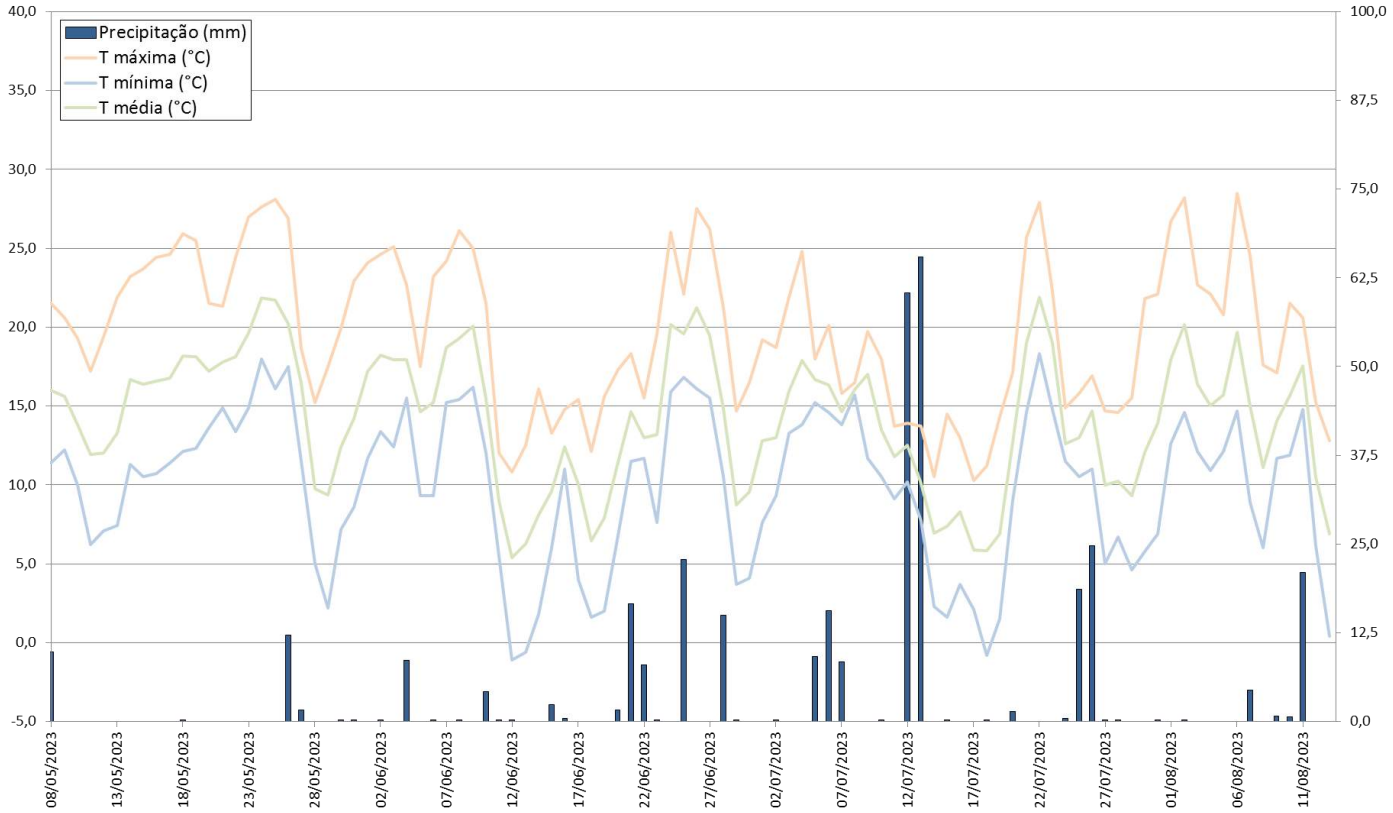


Figura 22 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral 4 do projeto anual de 2022/2023 (dados obtidos do site do INMET)



2.4.11. Resultados Analíticos

O Quadro 36 apresenta os dados físicos dos poços medidos *in loco* tais como o nível estático (m) e a profundidade (m), assim como a temperatura da água (°C) e a temperatura do ar (°C) no momento da amostragem para cada ponto de monitoramento de água subterrânea.

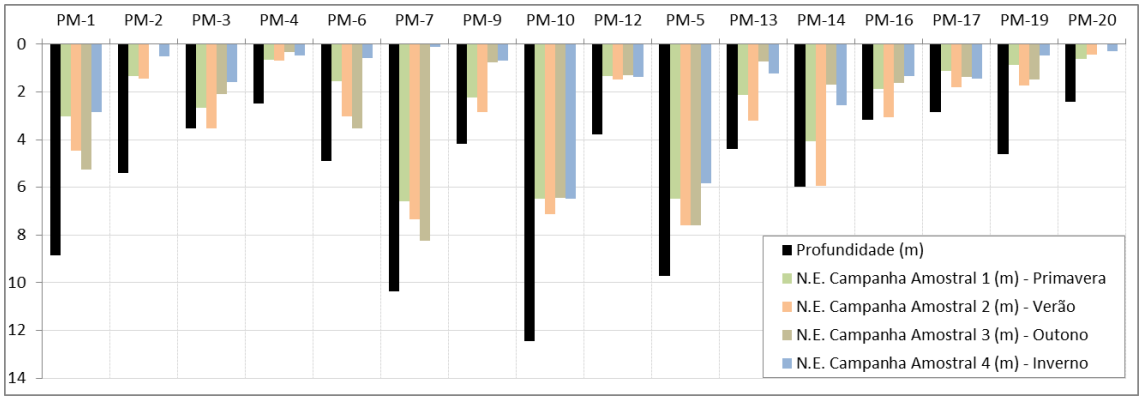
Quadro 36 - Resultados obtidos para nível estático, profundidade, temperatura da água e temperatura do ar nos pontos dos poços monitores nas áreas de Praça de Trabalho da Usina denominadas como Usina Fase B e Fase C, Almoxarifado e Candiota 1

Localização	Usina Fase B e Fase C									Almoxarifado			Candiota 1			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-6	PM-7	PM-9	PM-10	PM-12	PM-5	PM-13	PM-14	PM-16	PM-17	PM-19	PM-20
Campanha Amostral 1 (novembro/2022)																
Nível Estático (m)	3,03	1,34	2,67	0,65	1,57	6,58	2,25	6,48	1,34	6,48	2,14	4,07	1,89	1,11	0,88	0,62
Profundidade (m)	8,80	5,35	3,54	2,49	4,81	10,23	4,19	12,75	3,78	9,87	4,40	6,10	3,15	2,84	4,65	2,44
Temperatura Água (°C)	18,3	19,5	19,1	18,9	17,3	18,3	17,0	18,9	19,0	18,2	19,5	19,9	18,7	17,4	17,9	16,1
Temperatura Ar (°C)	22,8	24,2	21,4	24,3	20,6	23,7	22,1	26,8	21,8	21,4	27,2	27,4	26,3	25,8	28,4	25,6
Campanha Amostral 2 (fevereiro/2023)																
Nível Estático (m)	4,48	1,45	3,52	0,68	3,02	7,33	2,84	7,14	1,50	7,60	3,20	5,94	3,05	1,82	1,73	0,44
Profundidade (m)	8,94	5,35	3,52	2,43	4,94	10,23	4,28	12,32	3,80	9,90	4,41	5,94	3,28	2,82	4,63	2,36
Temperatura Água (°C)	20,7	24,4	-	23,9	19,2	18,6	20,0	19,4	25,0	18,9	23,2	-	-	20,7	20,9	23,0
Temperatura Ar (°C)	30,9	32,4	-	31,1	27,8	31,9	30,9	35,5	26,0	28,7	35,5	-	-	36,8	37,9	34,3
Campanha Amostral 3 (maio/2023)																
Nível Estático (m)	5,27	0,00	2,11	0,34	3,52	8,23	0,76	6,45	1,31	7,59	0,72	1,70	1,61	1,37	1,50	0,00
Profundidade (m)	8,88	5,53	3,57	2,53	4,90	10,90	4,11	12,14	3,76	9,43	4,39	5,89	3,15	2,86	4,60	2,40
Temperatura Água (°C)	20,8	20,3	22,2	18,6	19,0	18,5	19,1	18,8	20,8	18,5	21,2	21,6	20,1	19,2	20,0	19,0
Temperatura Ar (°C)	20,0	19,9	18,7	19,6	17,5	19,5	19,8	19,7	17,9	17,7	19,6	20,0	20,8	21,0	20,7	21,2
Campanha Amostral 4 (agosto/2023)																
Nível Estático (m)	2,85	0,50	1,60	0,48	0,57	0,12	0,68	6,47	1,36	5,84	1,24	2,55	1,33	1,46	0,47	0,29
Profundidade (m)	8,80	5,39	3,50	2,45	4,88	10,02	4,18	12,53	3,80	9,68	4,35	6,00	3,18	2,86	4,62	2,42
Temperatura Água (°C)	17,1	15,0	16,9	14,4	14,8	15,3	14,9	16,0	16,0	17,1	16,2	18,8	15,2	15,6	14,9	13,8
Temperatura Ar (°C)	7,2	8,9	6,0	10,9	8,9	12,0	6,3	9,4	7,9	7,2	13,0	11,0	9,8	14,5	13,1	13,3

O gráfico da Figura 23 apresenta os dados da profundidade do poço para cada ponto amostral e seus respectivos níveis estáticos da água subterrânea para cada campanha amostral contemplando as quatro estações do ano. Em que a Campanha 1 representa a primavera; a Campanha 2, verão; a Campanha 3, outono; e a Campanha 4, inverno. Essas informações, aliadas aos diâmetros dos poços, ajudam a compreender a capacidade e a disponibilidade volumétrica de água para amostragem. Disponibilidade essa que sofre interferência das variações de temperatura e do volume pluviométrico na região. Podemos observar no gráfico que os poços PM-7 e PM-14 obtiveram as maiores variações do seu nível freático durante o ano de monitoramento. O poço PM-7 teve o maior nível de coluna d'água durante a Campanha 4 na estação de inverno, e o menor nível na Campanha 3 durante a estação de outono. O poço PM-14 teve o maior nível de coluna d'água durante a estação de outono (Campanha 3), e o menor nível durante a

estação de verão (Campanha 2). Essas variações dos poços PM-7 e PM-14 não são uma regra para os demais poços, os quais têm situações bem variáveis em relação ao nível freático. A maioria dos poços possui uma pequena variação do nível freático ao longo do ano.

Figura 23 - Gráfico apresentando as profundidades dos poços e os seus níveis estáticos de água subterrânea para as quatro campanhas amostrais. A barra preta indica a profundidade do poço, já as demais barras indicam em sua base onde está o nível estático no relativo poço. Assim, a coluna d'água corresponde o intervalo que vai da base de referência da profundidade (barra preta) até a base das demais barras que corresponde ao nível freático



Os quadros 37, 38 e 39 apresentam os resultados brutos obtidos das análises para a área de monitoramento Usina Fase B e Fase C; já o Quadro 40, para a área do Almoxarifado; e o Quadro 42 e Quadro 42, para a área do Candiota I. Nessas tabelas estão preenchidas com a cor vermelha as medições que ultrapassaram os limites mais rigorosos segundo as referências usadas como critério para esse estudo. A escolha de resoluções complementares para água subterrânea se deve ao fato de cobrir o máximo de parâmetros possíveis com o rigor legal, já que a água subterrânea é uma reserva muito preciosa para a vida e seus futuros usos. O oxigênio dissolvido acima do intervalo comum para água subterrânea foi destacado com a cor azul devido a sua maior oxigenação do que o padrão.

Quadro 37 - Resultados obtidos para poços monitores na área denominada Usina Fase B e C. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela

Usina Fase B e Fase C	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4			Classificação			Referência
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-1	PM-2	PM-3	PM-1	PM-2	PM-3	PM-1	PM-2	PM-3	396/CPRM	M.S./357	VI	(a) CONAMA 396-2008 - C.H.; (b) CPRM 2008 - água subterânea; (c) MS 1469-2000 - C.H.; (d) CONAMA 357-2005 - classe 1; (VI) Valores internacionais - drinking.
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	<1	<1	<1	<1	<1	*	1,0	29,0	11,0	<1	<1	<1		ausente (c)	ausente	
Condutividade (µS·cm^{-1})	375,80	589,40	641,30	436,20	627,80	*	398,90	1080,00	737,70	581,20	1024,00	672,70	-	-	500	
Cor Real (U.C)	95,60	69,60	11,10	33,90	466,00	*	77,70	145,00	<10	20,70	33,80	<10	-	15 (c)	15	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	13,30	5,98	4,36	<2	<2	*	<2	10,60	<2	<2	<2	<2	5 (b)	3 (d)	3	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	21,10	<6	<6	<6	12,70	*	9,51	129,00	8,68	12,50	<6	10,50	10 (b)	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	*	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003 (a)	0,003 (d)	-	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	*	<0,02	<0,02	<0,02	0,026	0,021	0,024	1 (b)	0,025 (d)	-	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	<10	<10	<10	<10	*	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	ausente (d)	-	
OD (mg·L^{-1})	3,42	<0,1	3,23	3,39	<0,1	*	3,94	0,79	5,22	3,74	2,49	3,45	0-5 (b)	>6 (d)	-	
pH	6,16	6,82	6,45	6,27	6,91	*	6,07	6,78	6,59	6,25	6,54	6,56	5,5-8,5 (b)	6 a 9 (d)	6,5-8,5	
Turbidez (NTU)	9,22	6,27	4,33	11,60	102,00	*	10,50	13,00	<1	2,27	5,63	<1	5 (b)	5 (c)	5	
Metal Dissolvido													396		VI	CONAMA 396-2008 - cons. humano; (VI) Valores internacionais - drinking.
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,012	<0,006	0,008	0,040	0,013	*	0,203	0,067	0,031	0,044	0,010	<0,006	0,2		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	*	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	*	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005		0,002	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	*	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,005	<0,005	*	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	*	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	0,030	0,089	<0,006	0,010	18,899	*	0,082	0,772	<0,006	0,071	<0,006	<0,006	0,3		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,112	0,745	0,010	0,171	1,237	*	0,195	0,984	<0,006	0,368	0,098	<0,006	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	*	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	0,007	<0,006	*	0,007	<0,006	<0,006	0,020	<0,006	<0,006	0,02		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,026	0,013	0,012	0,007	<0,006	*	<0,006	<0,006	<0,006	0,047	<0,006	<0,006	5		3	
Metal Total													C.H.	D.A.	IR	CONAMA 396-2008: (C.H.) Consumo humano; (D.A.) Dessedentação de animais; (IR) Irrigação.
Al Total (mg·L^{-1})	0,044	0,036	0,012	0,278	0,120	*	0,312	0,900	0,140	0,081	0,050	0,012	0,2	5	5	
As Total (mg·L^{-1})	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	*	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,2	-	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	*	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005	0,05	0,01	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	*	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01	0,1	5	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,005	<0,005	*	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2	0,5	0,2	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	*	0,016	0,020	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05	1	0,1	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,192	1,043	0,008	0,367	23,528	*	0,460	1,643	0,041	0,372	0,317	<0,006	0,3	-	5	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,113	0,805	0,016	0,180	1,282	*	0,207	1,127	<0,006	0,335	0,108	<0,006	0,1	0,05	0,2	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	*	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001	0,01	0,002	
Ni Total (mg·L^{-1})	<0,006	0,007	<0,006	0,007	<0,006	*	0,008	<0,006	<0,006	0,019	<0,006	<0,006	0,02	1	0,2	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,021	0,025	0,018	0,100	0,006	*	0,006	<0,006	<0,006	0,041	<0,006	<0,006	5	24	2	

Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Dessedentação de Animais (D.A.), Irrigação (IR). Células da tabela destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão

Quadro 38 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Usina Fase B e C. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela.

Usina Fase B e Fase C	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4			Classificação			Referência
Variável	PM-4	PM-6	PM-7	PM-4	PM-6	PM-7	PM-4	PM-6	PM-7	PM-4	PM-6	PM-7	396/CPRM	M.S./357	VI	
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	58,0	1,0	17,0	14,0	<1		ausente (c)	ausente	(a) CONAMA 396-2008 - C.H.; (b) CPRM 2008 - água subterrânea; (c) MS 1469-2000 - C.H.; (d) CONAMA 357-2005 - classe 1; (VI) Valores internacionais - drinking.
Condutividade (µS·cm^{-1})	600,90	46,00	86,00	397,10	56,80	96,90	630,30	134,10	101,20	642,30	52,20	76,50	-	-	500	
Cor Real (U.C)	58,20	694,00	78,50	85,00	2180,00	72,00	196,00	198,00	51,60	66,80	272,00	<10	-	15 (c)	15	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	6,45	<2	<2	<2	3,48	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	5 (b)	3 (d)	3	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	8,1	10,5	243,0	<6	7,08	<6	7,44	12,80	6,61	10,10	8,05	<6	10 (b)	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003 (a)	0,003 (d)	-	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,108	<0,05	<0,02	<0,02	<0,02	0,024	0,031	0,028	1 (b)	0,025 (d)	-	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	<10	<10	<10	12,7	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	ausente (d)	-	
OD (mg·L^{-1})	2,47	4,93	6,45	3,26	3,68	6,29	4,23	5,32	5,81	2,88	3,07	6,61	0-5 (b)	>6 (d)	-	
pH	6,93	5,33	6,10	6,93	5,89	6,08	7,19	4,54	5,90	6,65	5,58	6,09	5,5-8,5 (b)	6 a 9 (d)	6,5-8,5	
Turbidez (NTU)	8,11	70,70	9,34	23,30	139,00	9,94	19,40	20,90	12,30	7,34	16,90	<1	5 (b)	5 (c)	5	
Metal Dissolvido													396		VI	CONAMA 396-2008 - cons. humano; (VI) Valores internacionais - drinking.
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	0,775	0,061	<0,006	1,157	0,055	0,034	1,110	0,156	<0,006	0,188	0,031	0,2		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005		0,002	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	0,262	0,573	0,121	<0,006	0,723	0,097	0,886	0,590	0,152	0,013	0,088	0,017	0,3		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,868	0,029	0,027	1,883	0,026	0,026	1,191	0,041	0,049	0,155	0,014	0,019	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,007	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,02		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,010	0,014	0,063	<0,006	0,013	0,046	<0,006	<0,006	0,048	<0,006	<0,006	0,019	5		3	
Metal Total													C.H.	D.A.	IR	CONAMA 396-2008: (C.H.) Consumo humano; (D.A.) Dessedentação de animais; (IR) Irrigação.
Al Total (mg·L^{-1})	<0,006	1,858	0,075	0,032	16,587	0,323	0,039	1,057	0,239	0,025	0,635	0,050	0,2	5	5	
As Total (mg·L^{-1})	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,2	-	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005	0,05	0,01	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01	0,1	5	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,005	0,012	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2	0,5	0,2	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,007	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05	1	0,1	
Fe Total (mg·L^{-1})	1,319	0,649	0,461	2,284	7,580	1,575	4,460	1,260	1,055	0,353	0,466	0,056	0,3	-	5	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,935	0,047	0,073	2,750	0,030	0,134	1,210	0,041	0,136	0,143	0,013	0,019	0,1	0,05	0,2	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001	0,01	0,002	
Ni Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,018	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,02	1	0,2	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,015	0,026	0,067	<0,006	0,045	0,062	<0,006	0,007	0,057	<0,006	<0,006	0,016	5	24	2	

Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Dessedentação de Animais (D.A.), Irrigação (IR). Células da tabela destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão

Quadro 39 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Usina Fase B e C. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela.

Usina Fase B e Fase C	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4			Classificação			Referência
Variável	PM-9	PM-10	PM-12	PM-9	PM-10	PM-12	PM-9	PM-10	PM-12	PM-9	PM-10	PM-12	396/CPRM	M.S./357	VI	(a) CONAMA 396-2008 - C.H.; (b) CPRM 2008 - água subterânea; (c) MS 1469-2000 - C.H.; (d) CONAMA 357-2005 - classe 1; (VI) Valores internacionais - drinking.
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3,1	<1	144,0	8,5	<1	1		ausente (c)	ausente	
Condutividade (µS·cm^{-1})	397,60	254,50	361,20	412,40	203,60	282,30	154,00	814,60	1188,00	200,60	384,70	578,30	-	-	500	
Cor Real (U.C)	28,20	10,30	457,00	113,00	29,00	493,00	66,30	98,80	190,00	43,80	46,80	15,40	-	15 (c)	15	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	<2	6,93	5,50	16,1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	5 (b)	3 (d)	3	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	13,80	20,70	201,00	16,1	<6	<6	18,60	<6	16,90	<6	<6	9,3	10 (b)	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0003	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003 (a)	0,003 (d)	-	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,02	0,038	< 0,02	0,030	1 (b)	0,025 (d)	-	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	14,1	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	ausente (d)	-	
OD (mg·L^{-1})	4,17	3,51	2,09	2,81	3,97	2,32	5,51	5,12	4,33	5,46	4,22	1,44	0-5 (b)	>6 (d)	-	
pH	6,26	6,43	6,59	5,84	6,87	6,60	6,39	5,54	6,61	6,45	5,84	6,54	5,5-8,5 (b)	6 a 9 (d)	6,5-8,5	
Turbidez (NTU)	21,20	<2	88,60	10,30	<2	39,70	5,67	7,49	12,30	4,05	6,47	15,70	5 (b)	5 (c)	5	
Metal Dissolvido													396		VI	CONAMA 396-2008 - cons. humano; (VI) Valores internacionais - drinking.
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	0,393	<0,006	0,022	<0,006	0,035	0,210	3,083	0,063	0,018	0,602	<0,006	0,2		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005		0,002	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	0,013	0,013	0,576	<0,006	<0,006	3,709	0,171	<0,006	0,030	0,006	<0,006	0,159	0,3		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,221	0,182	0,739	1,619	0,048	0,666	<0,006	3,217	0,034	0,009	0,911	1,149	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	0,009	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,150	<0,006	<0,006	0,028	<0,006	0,02		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,204	0,018	0,014	0,012	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,038	<0,006	5		3	
Metal Total													C.H.	D.A.	IR	CONAMA 396-2008: (C.H.) Consumo humano; (D.A.) Dessedentação de animais; (IR) Irrigação.
Al Total (mg·L^{-1})	<0,006	0,504	0,060	0,105	1,243	0,088	0,210	4,241	0,099	0,070	2,256	0,030	0,2	5	5	
As Total (mg·L^{-1})	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,2	-	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005	0,05	0,01	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01	0,1	5	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2	0,5	0,2	
Cr Total (mg·L^{-1})	0,007	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,015	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05	1	0,1	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,023	0,018	13,875	0,340	0,118	10,313	0,286	0,157	1,385	0,061	<0,006	6,286	0,3	-	5	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,327	0,248	1,021	1,718	0,035	0,734	0,007	4,000	0,039	0,008	1,021	1,061	0,1	0,05	0,2	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001	0,01	0,002	
Ni Total (mg·L^{-1})	<0,006	0,013	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,146	<0,006	<0,006	0,035	<0,006	0,02	1	0,2	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,016	0,026	0,017	0,031	<0,006	<0,006	0,012	0,082	<0,006	0,007	0,032	<0,006	5	24	2	

Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Dessedentação de Animais (D.A.), Irrigação (IR). Células da tabela destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão

Quadro 40 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Almoxarifado. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela.

Almoxarifado	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4			Classificação			Referência
Variável	PM-5	PM-13	PM-14	PM-5	PM-13	PM-14	PM-5	PM-13	PM-14	PM-5	PM-13	PM-14	396/CPRM	M.S./357	VI	
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	<1	2,0	<1	<1	<1	*	550,0	120,0	650,0	35,0	88,0	87,0		ausente (c)	ausente	(a) CONAMA 396-2008 - C.H.; (b) CPRM 2008 - água subterânea; (c) MS 1469-2000 - C.H.; (d) CONAMA 357-2005 - classe 1; (VI) Valores internacionais - drinking.
Condutividade (µS·cm^{-1})	413,20	205,00	145,20	399,10	216,60	*	420,50	194,40	123,40	423,70	172,70	123,10	-	-	500	
Cor Real (U.C)	45,20	1775,00	598,00	15,20	1570,00	*	30,60	93,90	64,70	64,50	70,60	414,00	-	15 (c)	15	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	15,20	2,18	3,61	2,00	3,48	*	<2	<2	<2	<2	<2	<2	5 (b)	3 (d)	3	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	25,10	<6	<6	6,00	*	*	8,27	7,03	14,90	<6	<6	<6	10 (b)	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	*	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003 (a)	0,003 (d)	-	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	<0,05	<0,05	0,052	<0,05	8,170	*	<0,02	<0,02	<0,02	0,052	0,048	0,045	1 (b)	0,025 (d)	-	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	25,8	<10	11,6	<10	*	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	ausente (d)	-	
OD (mg·L^{-1})	3,51	5,50	5,69	4,26	3,68	*	4,53	6,30	7,09	3,26	7,57	6,23	0-5 (b)	>6 (d)	-	
pH	5,90	6,71	6,82	6,18	6,73	*	6,24	7,02	6,63	6,59	6,97	6,11	5,5-8,5 (b)	6 a 9 (d)	6,5-8,5	
Turbidez (NTU)	5,79	31,50	23,60	2,34	162,00	*	2,95	8,34	4,26	10,50	12,30	28,60	5 (b)	5 (c)	5	
Metal Dissolvido													396		VI	CONAMA 396-2008 - cons. humano; (VI) Valores internacionais - drinking.
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,105	0,060	<0,006	0,037	19,765	*	0,062	0,127	0,194	0,049	<0,006	0,051	0,2		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	*	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	*	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005		0,002	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	*	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,005	<0,005	*	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,164	*	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	0,290	0,083	<0,006	0,084	27,819	*	<0,006	0,081	0,082	0,144	<0,006	0,068	0,3		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,133	0,009	<0,010	0,065	1,055	*	0,049	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	*	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,084	*	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,02		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,031	0,014	0,022	<0,006	0,201	*	0,009	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	5		3	
Metal Total													C.H.	D.A.	IR	CONAMA 396-2008; (C.H.) Consumo humano; (D.A.) Dessedentação de animais; (IR) Irrigação.
Al Total (mg·L^{-1})	0,186	0,926	0,408	0,261	186,639	*	0,140	0,181	0,258	0,162	0,796	0,602	0,2	5	5	
As Total (mg·L^{-1})	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	*	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,2	-	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	*	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005	0,05	0,01	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	*	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01	0,1	5	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,005	0,603	*	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,048	<0,005	2	0,5	0,2	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	4,260	*	0,017	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05	1	0,1	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,665	1,250	0,886	0,666	259,829	*	0,385	0,230	0,327	0,423	2,368	1,214	0,3	-	5	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,205	0,135	0,061	0,067	20,587	*	0,059	<0,006	<0,006	<0,006	0,045	0,017	0,1	0,05	0,2	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	*	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001	0,01	0,002	
Ni Total (mg·L^{-1})	0,007	<0,006	<0,006	<0,006	2,020	*	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,02	1	0,2	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,034	0,019	0,032	0,015	2,184	*	0,015	<0,006	0,011	<0,006	0,041	0,007	5	24	2	

Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Dessedentação de Animais (D.A.), Irrigação (IR). Células da tabela destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão

Quadro 41 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Candiota 1. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela.

Candiota 1	Campanha - 1		Campanha - 2		Campanha - 3		Campanha - 4		Classificação			Referência
Variável	PM-16	PM-17	PM-16	PM-17	PM-16	PM-17	PM-16	PM-17	396/CPRM	M.S./357	VI	
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	<1	3,0	*	8,6	4,1	9,7	3,1	14,0		ausente (c)	ausente	(a) CONAMA 396-2008 - C.H.; (b) CPRM 2008 - água subterânea; (c) MS 1469-2000 - C.H.; (d) CONAMA 357-2005 - classe 1; (VI) Valores internacionais - drinking.
Condutividade (µS·cm^{-1})	346,20	107,70	*	115,30	363,60	116,80	670,10	107,50	-	-	500	
Cor Real (U.C)	542,00	1531,00	*	501,00	48,30	118,00	36,80	1497,00	-	15 (c)	15	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	<2	<2	*	<2	<2	2,66	<2	<2	5 (b)	3 (d)	3	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	<6	10,10	*	<6	17,40	6,20	18,1	18,1	10 (b)	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	*	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003 (a)	0,003 (d)	-	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	<0,05	<0,05	*	<0,05	<0,02	<0,02	0,036	0,021	1 (b)	0,025 (d)	-	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	**	*	<10	<10	<10	<10	<10	-	ausente (d)	-	
OD (mg·L^{-1})	5,50	3,89	*	3,97	5,91	4,63	5,37	2,49	0-5 (b)	>6 (d)	-	
pH	6,72	5,98	*	5,90	6,31	5,75	6,56	5,94	5,5-8,5 (b)	6 a 9 (d)	6,5-8,5	
Turbidez (NTU)	4,26	26,20	*	57,10	8,09	16,80	4,53	17,80	5 (b)	5 (c)	5	
Metal Dissolvido									396		VI	CONAMA 396-2008 - cons. humano; (VI) Valores internacionais - drinking.
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,007	0,119	*	0,072	0,078	0,402	<0,006	0,023	0,2		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	*	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	*	<0,003	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005		0,002	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	*	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	*	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	*	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	0,017	0,046	*	<0,006	<0,006	0,139	<0,006	<0,006	0,3		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,009	0,020	*	0,012	<0,006	0,014	<0,006	0,029	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	*	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	*	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,02		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,014	0,018	*	<0,006	<0,006	<0,006	0,019	<0,006	5		3	
Metal Total									C.H.	D.A.	IR	CONAMA 396-2008: (C.H.) Consumo humano; (D.A.) Dessedentação de animais; (IR) Irrigação.
Al Total (mg·L^{-1})	0,023	0,367	*	0,513	0,300	0,716	0,091	0,099	0,2	5	5	
As Total (mg·L^{-1})	<0,002	<0,002	*	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,2	-	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	*	<0,003	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005	0,05	0,01	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	*	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01	0,1	5	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	*	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2	0,5	0,2	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	*	<0,006	<0,006	0,034	<0,006	<0,006	0,05	1	0,1	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,047	0,467	*	0,468	0,462	0,829	0,134	0,077	0,3	-	5	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,014	0,055	*	0,015	0,009	0,020	<0,006	0,025	0,1	0,05	0,2	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	*	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001	0,01	0,002	
Ni Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	*	<0,006	<0,006	0,012	<0,006	<0,006	0,02	1	0,2	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,019	0,051	*	<0,006	0,019	<0,006	0,019	<0,006	5	24	2	

Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Dessedentação de Animais (D.A.), Irrigação (IR). Células da tabela destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão

Quadro 42 - Resultados obtidos para poços monitores na área denominada Candiota 1. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela.

Candiota 1	Campanha - 1		Campanha - 2		Campanha - 3		Campanha - 4		Classificação			Referência
Variável	PM-19	PM-20	PM-19	PM-20	PM-19	PM-20	PM-19	PM-20	396/CPRM	M.S./357	VI	
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	<1	3,1	<1	53,0	6,3	7,4	2400,0	26,0		ausente (c)	ausente	(a) CONAMA 396-2008 - C.H.; (b) CPRM 2008 - água subterânea; (c) MS 1469-2000 - C.H.; (d) CONAMA 357-2005 - classe 1; (VI) Valores internacionais - drinking.
Condutividade (µS·cm^{-1})	538,90	199,50	661,80	107,40	225,50	87,80	280,00	80,90	-	-	500	
Cor Real (U.C)	18,40	48,50	82,30	66,30	418,00	98,00	82,90	430,00	-	15 (c)	15	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	3,42	<2	<2	<2	<2	5,71	<2	<2	5 (b)	3 (d)	3	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	<6	<6	<6	<6	19,40	9,09	21,7	14,5	10 (b)	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003 (a)	0,003 (d)	-	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,079	<0,02	0,041	0,034	1 (b)	0,025 (d)	-	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	ausente (d)	-	
OD (mg·L^{-1})	4,74	3,89	2,32	4,06	5,02	3,74	3,55	3,64	0-5 (b)	>6 (d)	-	
pH	6,45	6,67	7,04	6,34	6,19	6,92	6,38	6,34	5,5-8,5 (b)	6 a 9 (d)	6,5-8,5	
Turbidez (NTU)	2,95	11,20	2,20	9,31	42,20	10,60	10,60	34,40	5 (b)	5 (c)	5	
Metal Dissolvido									396		VI	CONAMA 396-2008 - cons. humano; (VI) Valores internacionais - drinking.
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,025	0,150	0,033	0,083	0,807	0,303	0,059	0,081	0,2		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005		0,002	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	0,007	0,441	<0,006	0,027	0,448	0,242	0,054	0,067	0,3		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,021	0,027	0,670	<0,006	0,034	0,014	0,103	<0,006	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	0,011	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,02		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,013	0,032	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,016	<0,006	5		3	
Metal Total									C.H.	D.A.	IR	CONAMA 396-2008: (C.H.) Consumo humano; (D.A.) Dessedentação de animais; (IR) Irrigação.
Al Total (mg·L^{-1})	0,030	0,423	0,123	0,736	2,819	0,788	0,351	0,752	0,2	5	5	
As Total (mg·L^{-1})	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,2	-	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005	0,05	0,01	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,006	0,009	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01	0,1	5	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,005	<0,005	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2	0,5	0,2	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05	1	0,1	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,046	1,738	0,362	0,584	3,116	0,853	0,428	0,850	0,3	-	5	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,667	0,089	0,732	<0,006	0,072	0,002	0,147	0,007	0,1	0,05	0,2	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001	0,01	0,002	
Ni Total (mg·L^{-1})	0,012	<0,006	0,012	<0,006	0,012	<0,006	<0,006	<0,006	0,02	1	0,2	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,022	0,032	<0,006	0,013	<0,006	0,008	0,029	<0,006	5	24	2	

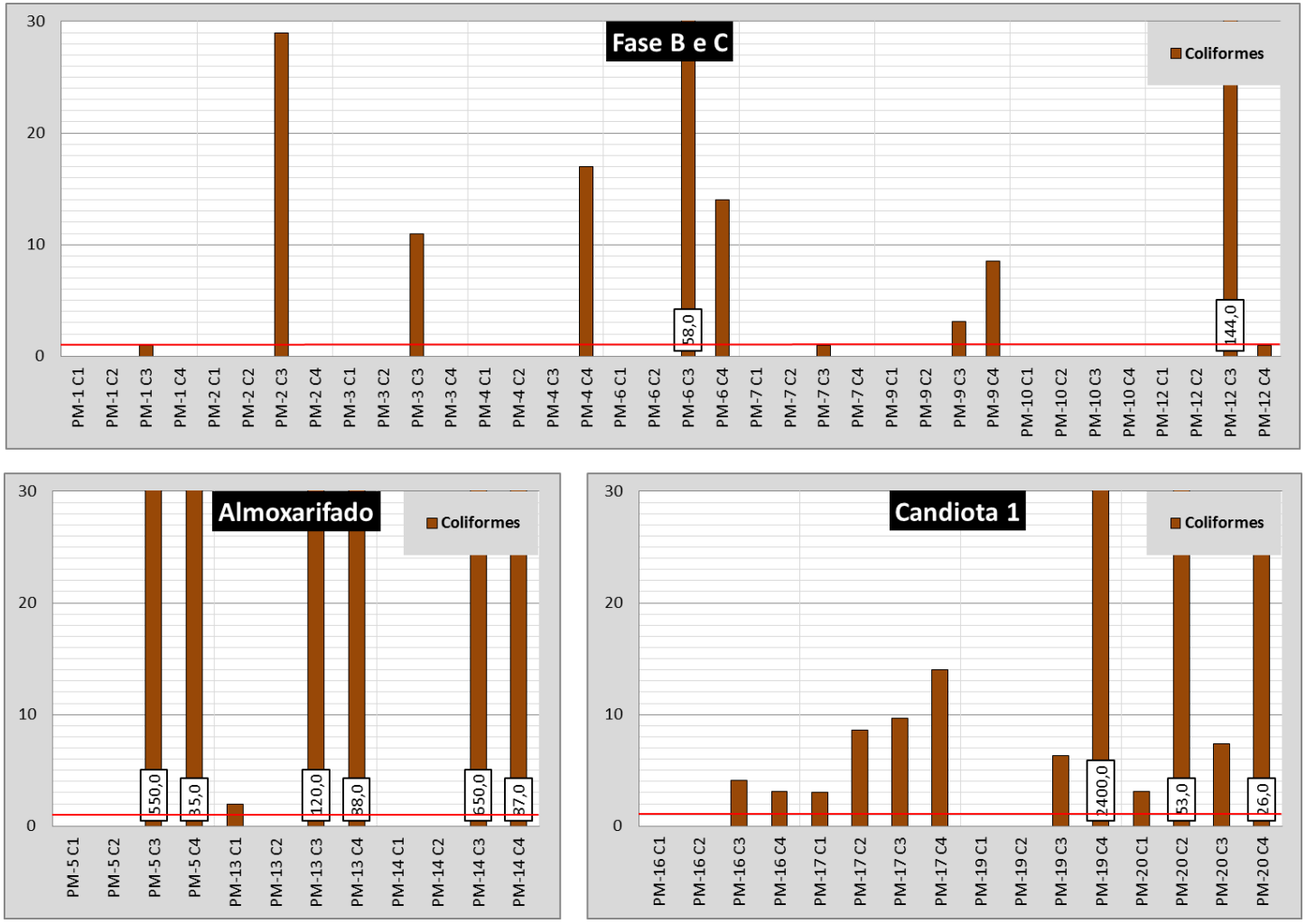
Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Dessedentação de Animais (D.A.), Irrigação (IR). Células da tabela destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão

2.4.12. Coliformes Termotolerantes

Os coliformes termotolerantes são habitantes normais do intestino, geralmente presentes em grande número nas fezes humanas e animais. No entanto, coliformes termotolerantes ambientais, podem ocorrer em águas naturais (NHMRC, 2011). Coliformes termotolerantes podem ser usados para avaliar a qualidade da água da fonte e possíveis impactos de resíduos humanos e animais (NHMRC, 2011). Na legislação brasileira os coliformes termotolerantes não devem ser detectados em nenhuma amostra de 100 mL de água potável (MS 1469, 2000), e são utilizados como padrão para qualidade microbiológica de águas superficiais destinadas a abastecimento, recreação, irrigação e piscicultura. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifoide, febre paratifoide, desinteria bacilar e cólera (CETESB, 2016).

O gráfico da Figura 24 apresenta os pontos que obtiveram contaminação por coliformes termotolerantes durante o ano de monitoramento, os valores com maior precisão podem ser buscados nas tabelas acima. Observa-se a contaminação em diversos poços em todas as campanhas amostrais, os pontos na área da Usina Fase B e Fase C que obtiveram presença de coliformes em pelo menos uma das campanhas foram os poços PM-1, PM-2, PM-3, PM-4, PM-6, PM-7, PM-9 e PM-12, sendo que o maior valor foi do poço PM-12 durante a Campanha 3 com 144,0 $NMP \cdot 100mL^{-1}$. Na área do Almoxarifado, todos os poços apresentaram contaminação por coliformes em boa parte das campanhas, sendo que apenas a Campanha 2 não apresentou contaminação em nenhum dos poços, no entanto, o poço PM-13 obteve o maior registro durante a Campanha 3 com 120,0 $NMP \cdot 100mL^{-1}$. Na área do Candiota-1, todos os pontos apresentaram em alguma das campanhas a detecção de coliformes, tendo o poço PM-19 durante a Campanha 4 o maior valor de coliformes na área, apresentando um valor de 2400,0 $NMP \cdot 100mL^{-1}$.

Figura 24 - Gráficos demonstrando os valores de Coliformes Termotolerantes. Linha vermelha: limite de detecção (MS 1469, 2000)



2.4.13. Condutividade Elétrica

A condutividade (CE) é a medida da capacidade da água em conduzir uma corrente elétrica. A condutividade varia com as concentrações iônicas e da temperatura. Sua análise indica a quantidade de sais existentes na água, representando uma medida indireta da concentração de poluentes. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, e altos valores podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2016). A relação empírica da condutividade com a concentração de sólidos totais dissolvidos (STD, mg/L) pode ser estimada através da fórmula STD= 0,64*CE (Metcalf & Eddy, 1991; APHA *et al*., 1992). Níveis superiores a 100 µS/cm indicam ambientes impactados (CETESB, 2016). No entanto, a condutividade não tem um limite estabelecido pelo CONAMA no Brasil. Alguns países estabeleceram limites para a CE, tendo como o valor máximo permitido o número limite para que o meio seja considerado como de caráter salino e impróprio à vida aquática local, como no caso da *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council* (ANZECC, 2010) com limite de 500µS/cm, ou da *Kentucky Pollutant Discharge Elimination System* (KPDES, 2010) com 800µS/cm. A *Food and Agriculture Organization* (FAO, 1973), sugere especificamente para o uso de águas na irrigação, um limite de até 3000µS/cm, no entanto, o índice não é obrigatório (Lôndero *et al*., 2011).

A Figura 25 apresenta os gráficos com os valores de condutividade usando como referência o limite de 500µS/cm da ANZECC (2010). Os pontos que ultrapassam o valor limítrofe são os poços PM-1, PM-2, PM-3, PM-4, PM-10, PM-12, PM-16 e PM-19. O PM-12 apresentou o maior valor de condutividade durante a Campanha 3 com 1188,0 µS/cm.

Observando os mapas da figura 26 podemos analisar o comportamento da condutividade durante as campanhas. É interessante observar o aumento da condutividade em certas áreas do mapa, como por exemplo, no PM-2 e PM-12 durante o outono e PM-19 no verão. Em contrapartida, a região do PM-2 e PM-12 tem condutividade menor no verão enquanto o PM-19 é menor durante o outono, seguindo o padrão do ano de coleta anterior.

Figura 25 - Gráficos demonstrando os valores de Condutividade. Linha vermelha: limite de condutividade (ANZECC, 2010)

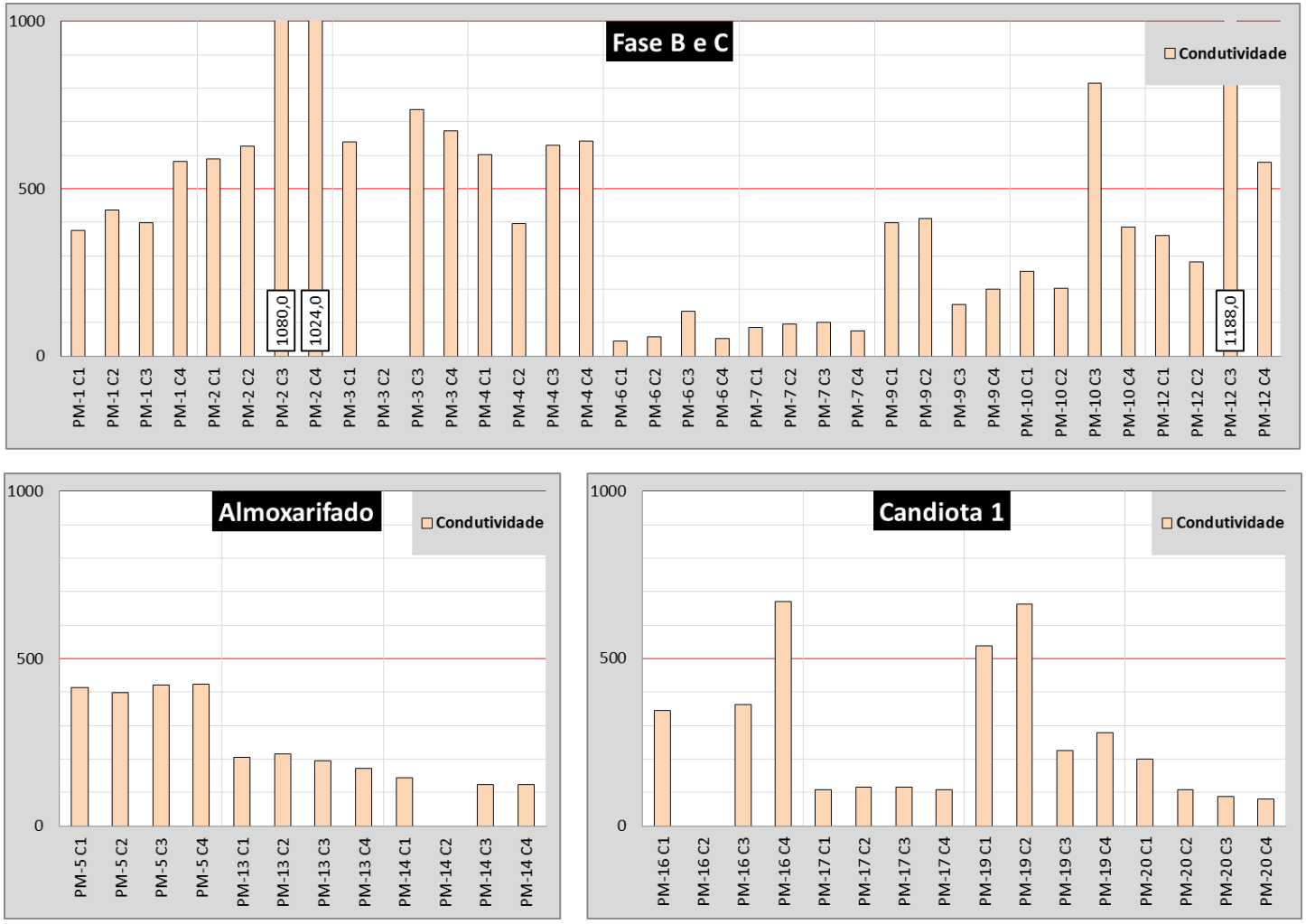
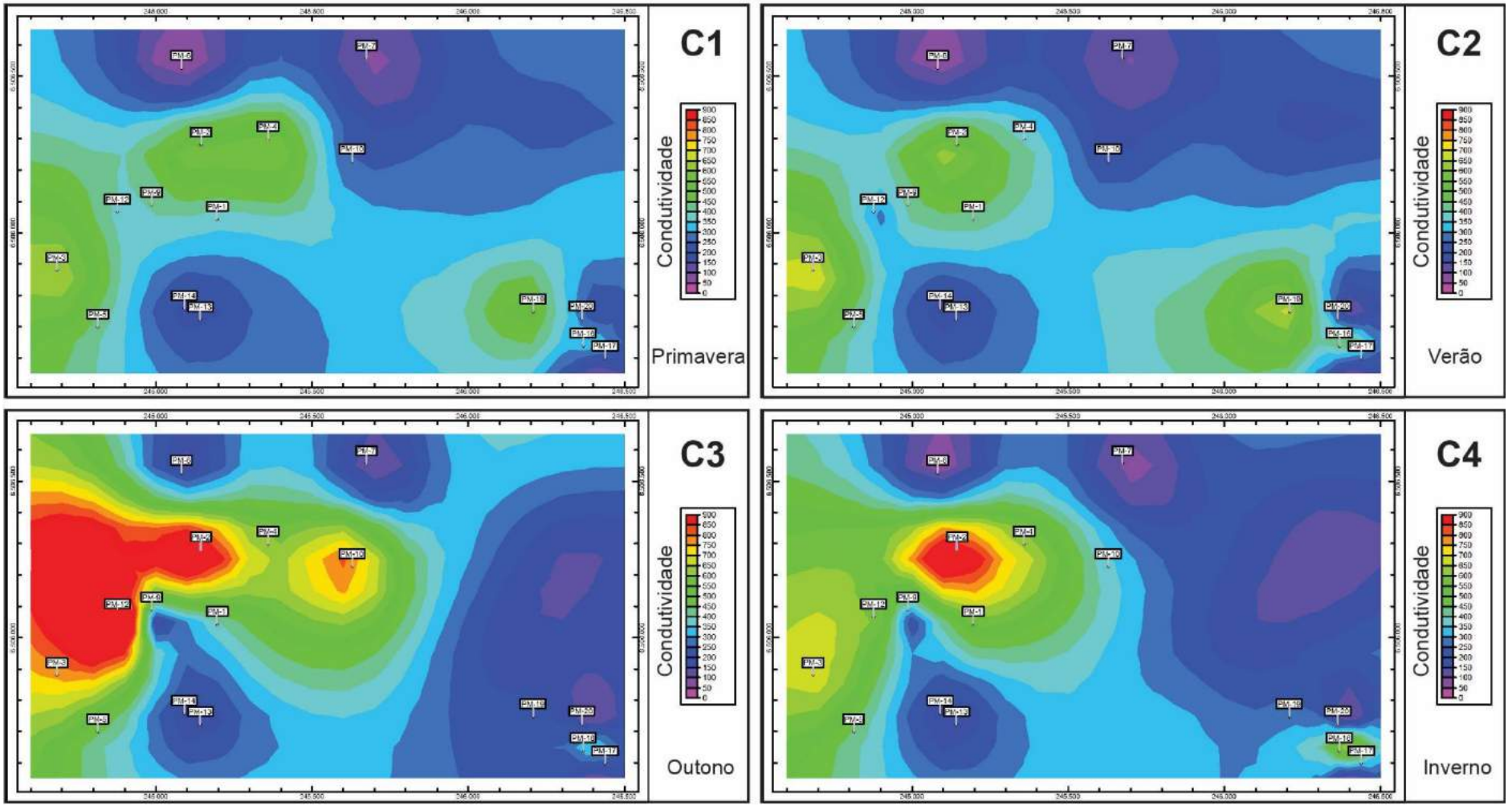


Figura 26 - Mapas demonstrando o comportamento da Condutividade (µS•cm-1) durante as quatro campanhas amostrais



2.4.14. Cor Verdadeira

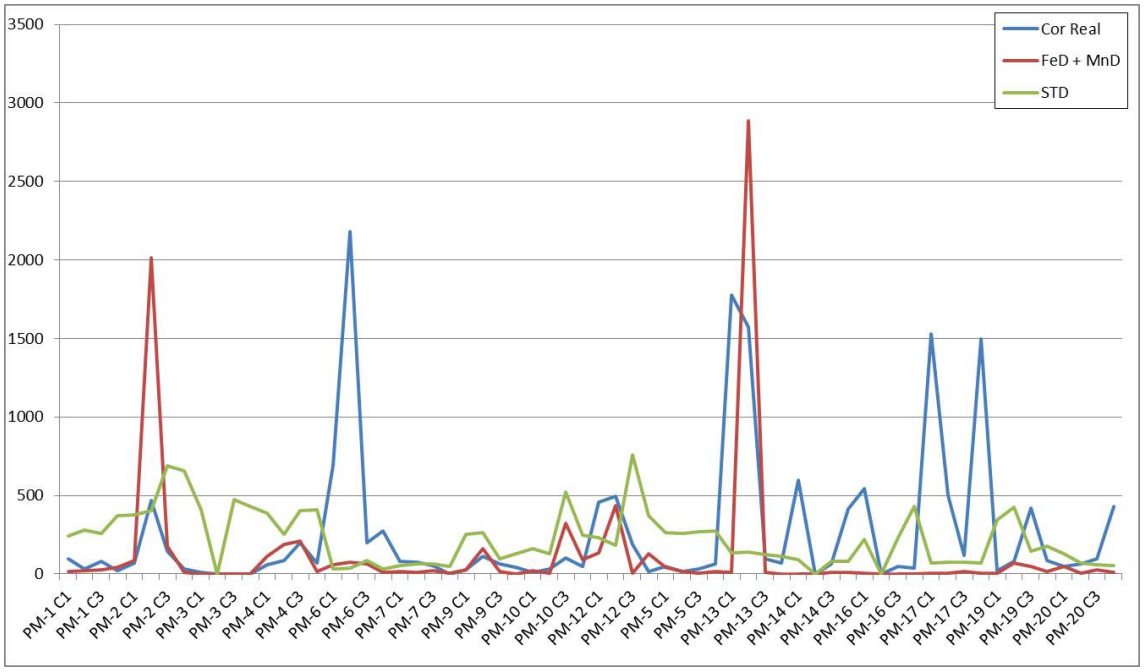
A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico (CETESB, 2016). Esses coloides orgânicos geralmente são ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas e no solo (NHMRC, 2011). A matéria em estado coloidal pode ser caracterizada de esgotos sanitários. Compostos inorgânicos podem influenciar na coloração da água, como os óxidos de ferro e manganês, abundantes em diversos tipos de solo. Na água subterrânea, 'água vermelha' é um problema frequente, causado pela oxidação do ferro (NHMRC, 2011). O maior problema da cor na água é o estético devido ao efeito repulsivo causado na maioria dos consumidores (CETESB, 2016), podendo levar as pessoas a procurarem outras fontes de água potável, que talvez sejam menos seguras para a saúde do indivíduo (NHMRC, 2011).

O índice guia para cor no Canadá, na Austrália, na EPA dos Estados Unidos e na Organização Mundial da Saúde (OMS) são de 15 UC. As normas da Comunidade Econômica Europeia para cor têm um valor máximo admissível de 20 UC e um valor de referência de 1 UC. No Brasil, a cor tem o valor limite determinado pelo Ministério da Saúde (MS 1469, 2000) de 15 UC.

Os quadros anteriores apresentam valores bem acima do estipulado para o consumo humano na maioria das vezes, em que todos os pontos em algum momento extrapolaram o limite de 15 UC. Os piores picos de análise de cor foram para os poços PM-13 e PM-17 que ultrapassam a casa dos 1000 UC, o valor máximo encontrado nesse projeto de 2022/2023 é de 2180 UC no PM-6 durante a Campanha 2. Valores que tornam repulsivas as águas na sua questão estética, e com potencial relação de algum contaminante. Os valores de cor verdadeira tiveram um aumento bastante elevado em comparação ao ano anterior (2021/2022).

A Figura 27 ilustra um gráfico com as variações de cor, a soma de ferro e manganês dissolvidos, e de sólidos totais dissolvidos (convertidos da condutividade), não apresentando uma correlação significativa entre a variação da cor e dos demais parâmetros. Mas analisando pontualmente, os picos registrados nos poços PM-2, PM-12 e PM-13 pode ter sido influenciado por Fe e Mn dissolvidos.

Figura 27 - Gráfico apresentando as variáveis de cor (UC), da soma de Fe e Mn dissolvidos (mg·L^{-1}) e de sólidos totais dissolvidos (STD, mg·L^{-1})



2.4.15. DBO x DQO

A DBO_5 de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Os maiores aumentos em termos de DBO_5 na água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica (CETESB, 2016). A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial (CETESB, 2016).

O Quadro 43, a Figura 28 e a Figura 29 apresentam as relações e comparações entre as variáveis de DQO e DBO a fim de quantificar o percentual biodegradável das amostras de água subterrânea. Como a DBO mede apenas a porção biodegradável, à medida que esse valor mais se aproximar do valor de DQO, significa que mais facilmente biodegradável será um efluente. Desse modo, analisando a tabela abaixo, os poços com maior percentual biodegradável (acima de 70%) são o PM-2, PM-3, PM-4, e PM-19

durante as Campanhas 1 e 2 (assim como no ano anterior com os melhores valores na primavera e no verão). Os piores índices de percentual biodegradável são encontrados principalmente durante a Campanha 3 com os poços PM-1, PM-2, PM-3, PM-4, PM-6, PM-7, PM-9, PM-12, PM-14, PM-16, PM-17, PM-19 e PM-20, tendo valores menores que 20% da biodegradação. Essas amostragens apresentaram altos índices de DQO e com valores de DBO_5 algumas vezes abaixo do limite de detecção. Em relação ao último ano amostral, o percentual biodegradável diminuiu consideravelmente.

A correlação das variáveis de DBO_5 e DQO é baixa para esse ano de projeto. O gráfico abaixo exibe dois padrões constantes sendo um vertical e outro horizontal. No padrão vertical, destacado com uma elipse laranja (Figura 28), temos praticamente a variação dos valores de DQO enquanto os valores de DBO_5 estão geralmente abaixo do limite de detecção. Isso sugere que a oxidação da matéria orgânica nos poços é principalmente de origem industrial (PM-1, PM-2, PM-3, PM-4, PM-5, PM-6, PM-7, PM-9, PM-12, PM-13, PM-14, PM-16, PM-17, PM-19 e PM-20). Enquanto no padrão horizontal, destacado com uma elipse verde, temos praticamente a variação dos valores de DBO_5 enquanto os valores de DQO estão abaixo do limite de detecção ou muito próximos ao limite. Essa relação sugere que a oxidação nos poços é de origem predominantemente orgânica (PM-2, PM-3, PM-13, PM-14 e PM-19). A intersecção das elipses representa a não detecção analítica tanto de DBO_5 quanto de DQO nas amostras. Os valores fora das elipses sugerem influência tanto industrial quanto orgânica.

Quadro 43 - Relação entre as variáveis DQO e DBO para todas as campanhas amostrais apresentando o percentual biodegradável do efluente. Quando ambos os valores de DQO e DBO estão menores que os limite de detecção = ND. Quando apenas um dos valores de DBO ou DQO é menor que a detecção, se usa o valor de detecção

POÇO	%DBO	POÇO	%DBO	POÇO	%DBO	POÇO	%DBO
PM-1 C1	63,0	PM-5 C1	60,6	PM-10 C1	33,5	PM-16 C1	ND
PM-1 C2	ND	PM-5 C2	33,3	PM-10 C2	ND	PM-16 C2	ND
PM-1 C3	21,0	PM-5 C3	24,2	PM-10 C3	ND	PM-16 C3	11,5
PM-1 C4	16,0	PM-5 C4	ND	PM-10 C4	ND	PM-16 C4	11,0
PM-2 C1	99,7	PM-6 C1	19,0	PM-12 C1	2,7	PM-17 C1	19,8
PM-2 C2	15,7	PM-6 C2	49,2	PM-12 C2	ND	PM-17 C2	ND
PM-2 C3	8,2	PM-6 C3	15,6	PM-12 C3	11,8	PM-17 C3	42,9
PM-2 C4	ND	PM-6 C4	24,8	PM-12 C4	21,6	PM-17 C4	11,0
PM-3 C1	72,7	PM-7 C1	0,8	PM-13 C1	36,3	PM-19 C1	57,0
PM-3 C2	ND	PM-7 C2	ND	PM-13 C2	ND	PM-19 C2	ND
PM-3 C3	23,0	PM-7 C3	30,3	PM-13 C3	28,4	PM-19 C3	10,3
PM-3 C4	19,0	PM-7 C4	ND	PM-13 C4	ND	PM-19 C4	9,2
PM-4 C1	79,5	PM-9 C1	14,5	PM-14 C1	60,2	PM-20 C1	ND
PM-4 C2	ND	PM-9 C2	100,0	PM-14 C2	ND	PM-20 C2	ND
PM-4 C3	26,9	PM-9 C3	10,8	PM-14 C3	13,4	PM-20 C3	62,8
PM-4 C4	19,8	PM-9 C4	ND	PM-14 C4	ND	PM-20 C4	13,8

Figura 28 - Gráficos demonstrando a correlação do DBO com o DQO (mg·L-1 O2). A elipse laranja destaca valores da correlação em que a DBO está abaixo do limite de detecção, e em verde, valores de DQO abaixo ou próximo do limite de detecção

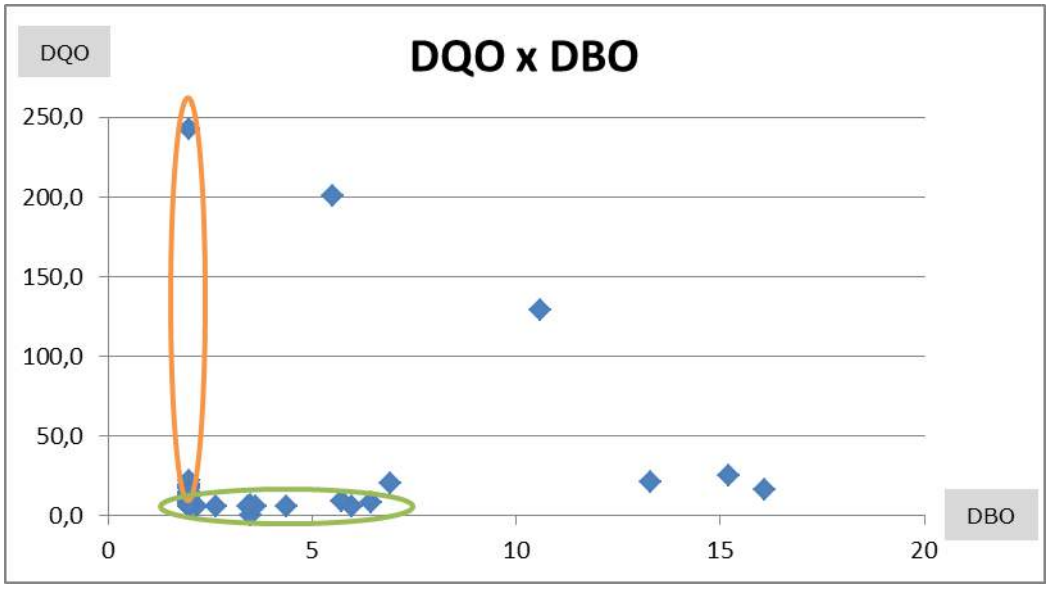
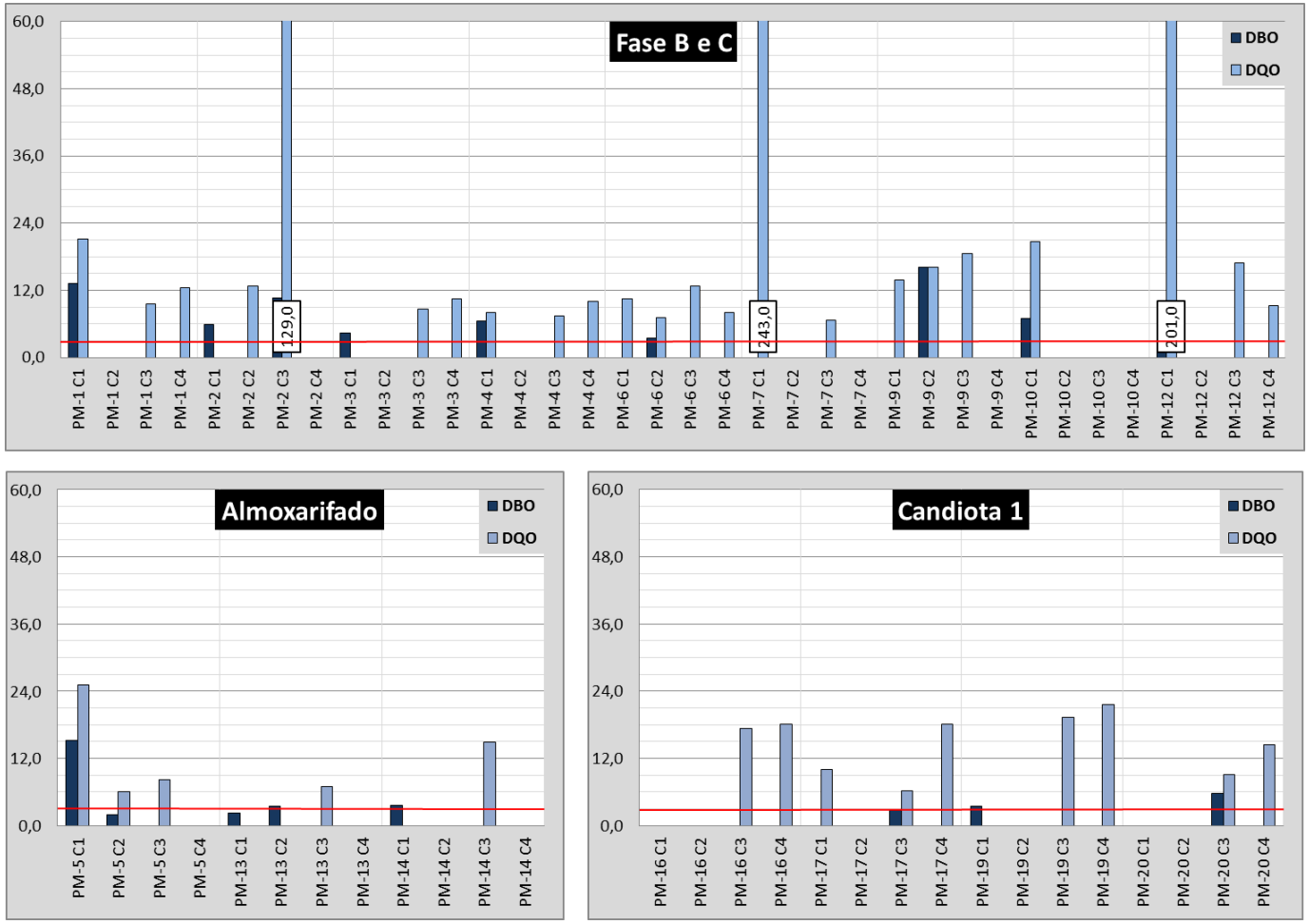


Figura 29 - Gráficos apresentando os valores de DQO e DBO. Linha vermelha: limite DBO (CONAMA 357, 2005). Linha laranja: limite DQO (CPRM, 2008)

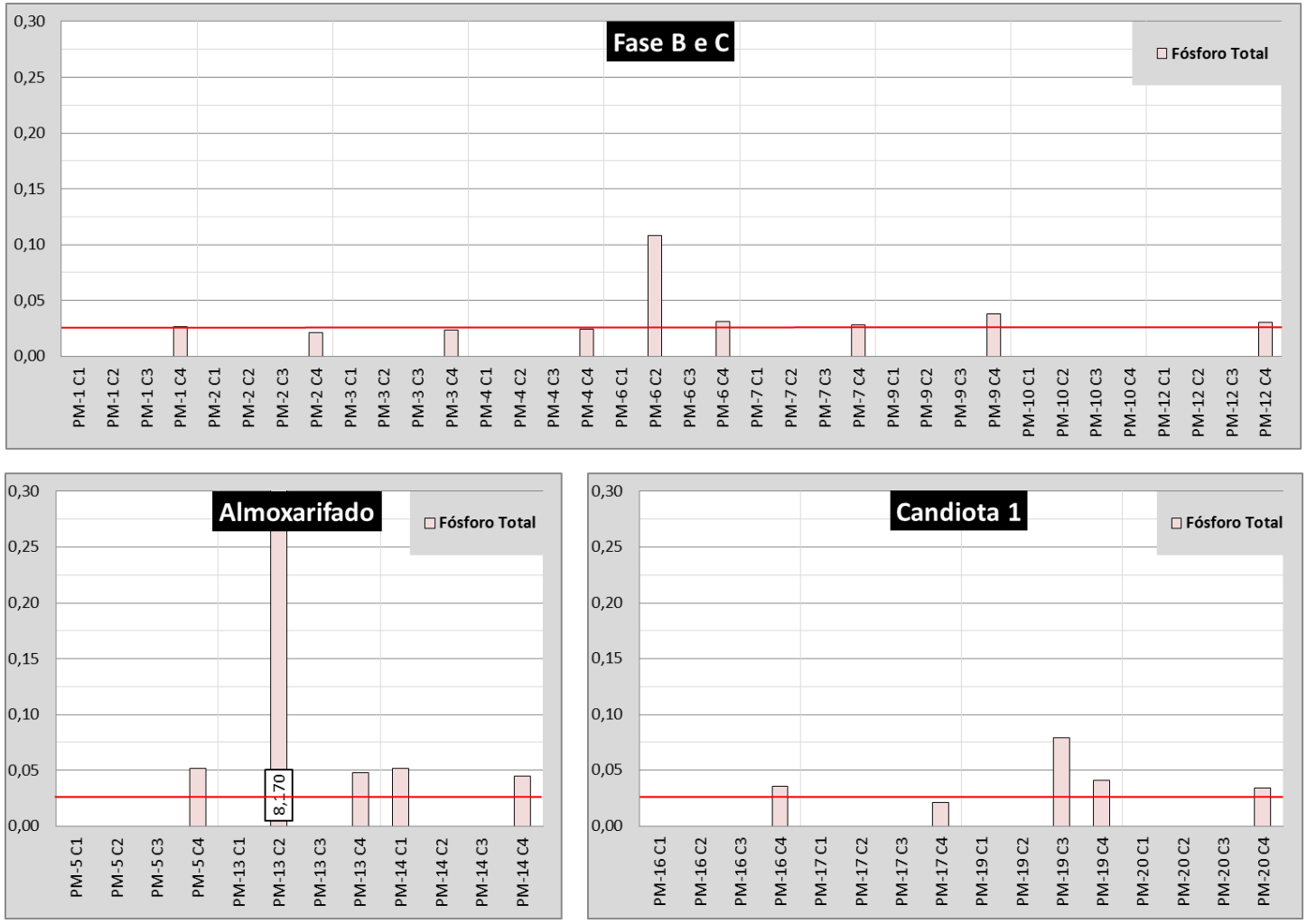


2.4.16. Fósforo Total

O fósforo aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados domesticamente empregados em larga escala constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (CETESB, 2016).

A Figura 30 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo os valores obtidos para a variável de fósforo total. Na área da Usina Fase B e C os valores de fósforo total ultrapassam o limite determinado pela legislação vigente para classe 1 da Resolução CONAMA 357-2005, em pelo menos uma campanha amostral, nos poços PM-1, PM-6, PM-7, PM-9 e PM-12. O maior valor encontrado foi no poço PM-6 durante a Campanha 2 com valor de 0,108 $mg \cdot L^{-1}$. Na área do Almoxarifado os valores de fósforo total ultrapassaram o limite para o consumo humano em todos os pontos e em pelo menos uma das campanhas amostrais. O poço PM-13 mais uma vez, durante a Campanha 2, apresentou o maior índice com 8,170 $mg \cdot L^{-1}$. De modo geral, a concentração de fosfato é baixa em águas naturais, variando entre 0,01 e 1,0 $mg \cdot L^{-1}$, devido à ação dos microrganismos encontrados no solo (Mathess, 1982). Segundo CPRM (2008), os valores acima de 1 $mg \cdot L^{-1}$ podem sugerir águas poluídas. Assim fica evidente a contaminação expressiva no ponto PM-13 durante a segunda campanha, no entanto, nas coletas da terceira campanha o valor ficou abaixo do limite de detecção. Na área do Candiota 1 os valores de fósforo total ultrapassam o limite nos poços PM-16, PM-19 e PM-20, sendo o PM-19 durante a Campanha 3 o que apresentou o pior resultado para fósforo total no local com o valor de 0,079 $mg \cdot L^{-1}$. Esses picos podem ter correlação com alguma emissão de esgoto oriundo da ocupação urbana localizado próximo ao PM-16. PM-6 e PM-7 podem estar vinculados aos fertilizantes de áreas próximas. PM-12 pode estar sofrendo alguma influência das bacias de decantação enquanto PM-5, PM-13 e PM-14 possuem influência do almoxarifado e de área urbana.

Figura 30 - Gráficos demonstrando os valores de Fósforo Total. Linha vermelha: limite de fósforo total (CONAMA 357, 2005)



2.4.17. Oxigênio Dissolvido

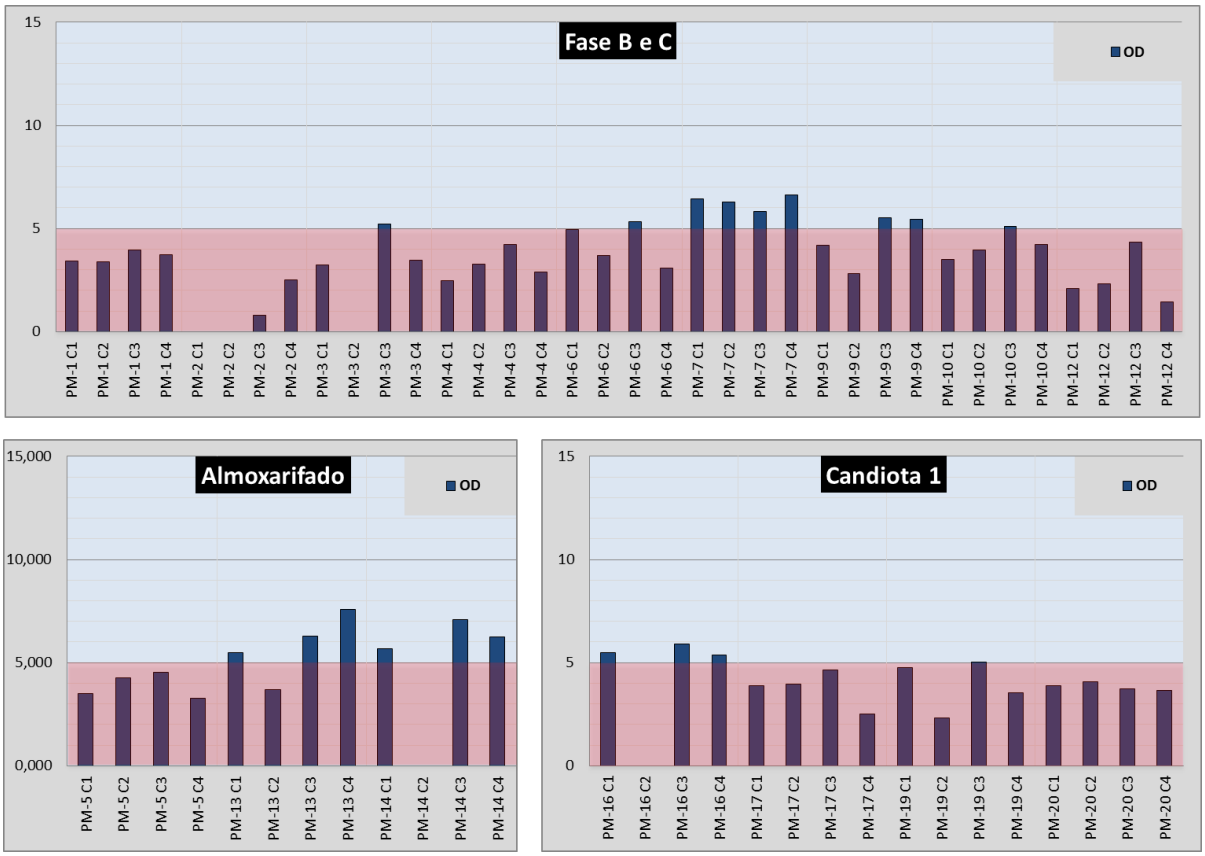
O oxigênio dissolvido na água é de suma importância na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos (Esteves, 1998), sendo as principais fontes a atmosfera e a fotossíntese. As perdas de oxigênio são causadas pelo consumo através da decomposição da matéria orgânica (oxidação), por perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos, nitrificação e oxidação química abiótica de substâncias como íons metálicos de ferro (Fe^{+2}) e de manganês (Mn^{+2}) (Fiorucci & Benedetti Filho, 2005). A maior parte das águas subterrâneas possuem baixas concentrações de OD, as quais variam geralmente entre 0 e 5 $mg \cdot L^{-1}$ (CPRM, 2008). Essa faixa de oxigênio dissolvido será utilizada como referência no estudo.

A figura 31 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo os valores obtidos para a variável de oxigênio dissolvido (O.D.). Na área da Usina Fase B e C o oxigênio dissolvido possui valores acima do limite proposto nos poços PM-3, PM-6, PM-7, PM-9 e PM-10 em pelo menos uma das campanhas, sendo que o poço PM-7 na quarta campanha apresentou o resultado mais alto com 6,61 $mg \cdot L^{-1}$. O poço PM-2 teve valores abaixo do limite de detecção. Os baixos valores podem ter correlação com os altos índices de óxidos de ferro encontrados no PM-2.

Na área do Almoxarifado os valores de oxigênio dissolvido ficaram acima do limite em pelo menos uma campanha nos poços PM-13 e PM-14. O poço PM-13 durante a quarta campanha amostral apresentou o maior resultado de O.D. com 7,570 $mg \cdot L^{-1}$. Em contrapartida, o poço de menor valor foi o PM-5 na quarta campanha com 3,260 $mg \cdot L^{-1}$.

Na área do Candiota 1 os valores de oxigênio dissolvido ficaram acima do limite exigido nos pontos PM-16 e PM-19. O maior valor encontrado foi para o poço PM-16 durante a terceira campanha com valor de 5,910 $mg \cdot L^{-1}$. Enquanto o menor valor foi para o ponto PM-19 na Campanha 2 com 2,320 $mg \cdot L^{-1}$.

Figura 31 - Gráficos demonstrando valores de oxigênio dissolvido. Área em vermelho: faixa típica em água subterrânea (CPRM, 2008)



2.4.18. Óleos e Graxas

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas que podem ser de origem mineral, vegetal ou animal. Dificilmente são encontradas em águas naturais, sendo normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas (CETESB, 2016).

A presença de material graxo nos corpos hídricos cria uma película na superfície, que além dos problemas de origem estética, diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, prejudicando a transferência do oxigênio atmosférico para a água. A decomposição de óleos e graxas reduz o oxigênio dissolvido, devido ao aumento da DBO_5 e da DQO, prejudicando o ecossistema aquático (CETESB, 2016). O CONAMA

357 (2005) orienta que os óleos e as graxas sejam virtualmente ausentes para os corpos d'água.

Diferentemente do monitoramento do ano de 2020/2021, os óleos e graxas foram detectados com maior frequência no ano de 2021/2022, principalmente nos pontos PM-5 e PM-6. No monitoramento anual de 2022/2023, a frequência de óleos e graxas diminuiu consideravelmente, sendo detectados na primeira e segunda campanha amostral.

A Figura 32 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo os valores obtidos para óleos e graxas. Os poços que apresentaram esse contaminante em pelo menos umas das campanhas amostrais na área da Usina Fase B e C foram PM-6 e PM-10, sendo que o PM-10 durante a primeira campanha apresentou o maior valor com 14,1 $mg \cdot L^{-1}$.

Na área do Almoxarifado os valores de óleos e graxas foram detectados nos poços PM-5 e PM-13. O poço PM-13 durante a terceira campanha amostral apresentou resultado de 25,8 $mg \cdot L^{-1}$. Na área do Candiota 1 não foram detectados a presença de óleos e graxas.

Figura 32 - Gráficos demonstrando os valores de óleos e graxas. Linhas vermelhas: limite de óleos e graxas (CONAMA 357, 2005)



2.4.19. Fenóis Totais

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes industriais. Os fenóis são tóxicos ao homem e aos organismos aquáticos (CETESB, 2016).

Os fenóis totais seguiram a tendência geral para os poços de monitoramento em que a detecção vem diminuindo em relação aos estudos de anos anteriores. No projeto vigente, assim como no ano de monitoramento de 2021/2022, não ocorreu à obtenção de valores acima do limite de detecção de 0,0001 $mg \cdot L^{-1}$ para fenóis totais nos pontos amostrados.

2.4.20. pH

O pH comumente apresenta valores para águas subterrâneas entre 5,5 e 8,5 (CPRM, 2008). A Figura 33 apresenta os valores de pH encontrados nos poços para as quatro campanhas amostrais, em que a faixa (azul) representa os limites das medidas determinadas com base na tendência da faixa de valores que as águas subterrâneas apresentam sugeridas pela CPRM (2008).

De modo geral, os valores para pH se encontram dentro da faixa ou próximo a ela, não ocorrendo evidências de maiores preocupações referentes aos seus valores. O menor valor encontrado para pH foi de 4,54 para o poço PM-6 na terceira campanha amostral.

Figura 33 - Gráficos demonstrando os valores de pH. Linhas vermelhas: limite mínimo (5,5) e máximo (8,5) de pH (CPRM, 2008)



2.4.21. Turbidez

A turbidez é uma medida da propriedade de dispersão da luz da água causada pela presença de matéria em suspensão fina, como argila, silte, plâncton e outros organismos microscópicos. O grau de espalhamento depende da quantidade, tamanho e composição da matéria em suspensão.

Um problema que a turbidez trás é o efeito negativo sobre a estética da água para o consumo (NHMRC, 2011).

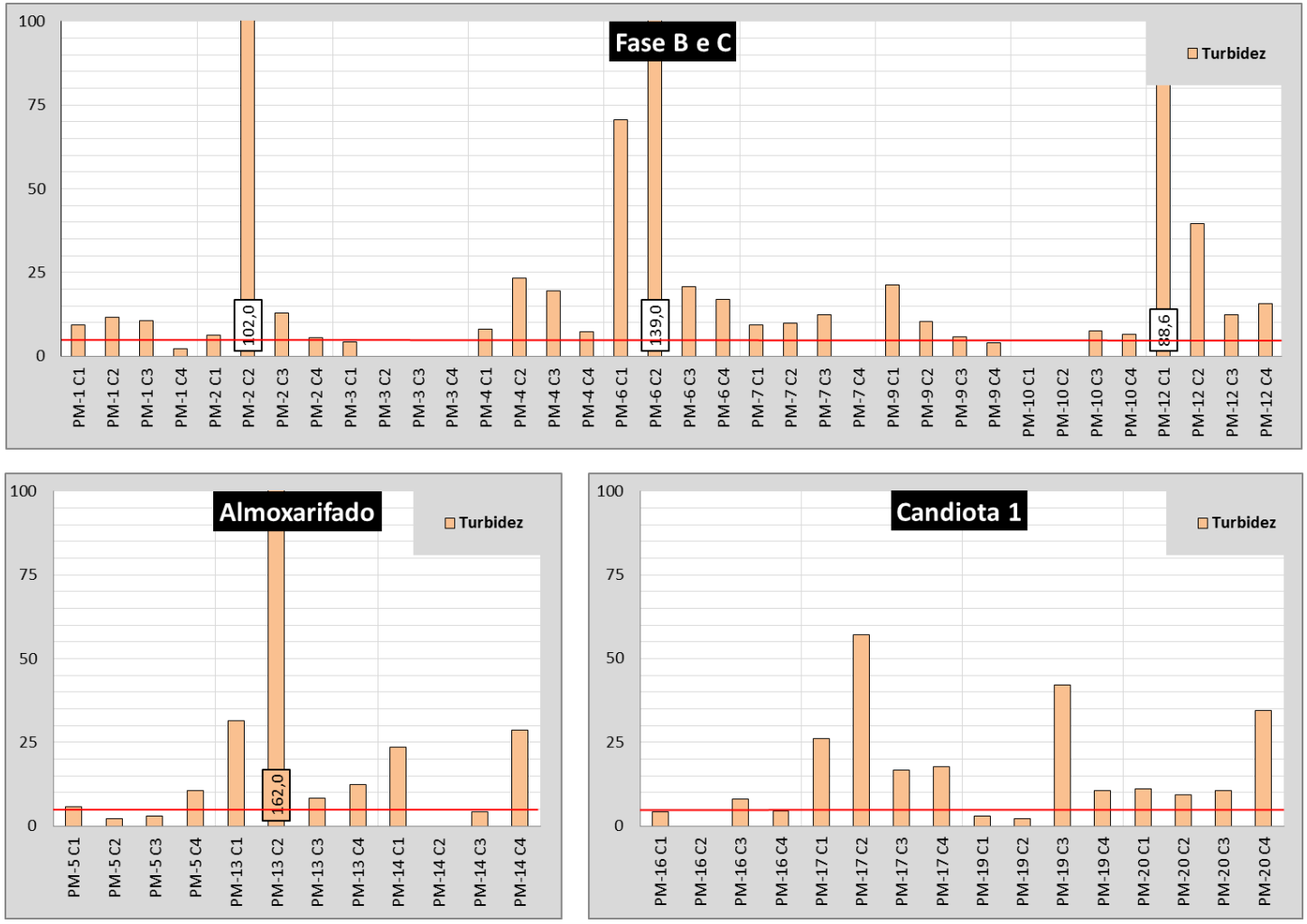
Os esgotos domésticos e diversos efluentes industriais provocam elevações na turbidez das águas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional das águas (CETESB, 2016).

A Figura 34 apresenta os índices para turbidez para cada poço nas quatro campanhas amostrais. Na área da Usina Fase B e C a turbidez possui valores acima do limite proposto na resolução do Ministério da Saúde (MS 1469-2000) para todos os poços em pelo menos uma das campanhas, com exceção do poço PM-3, sendo que o poço PM-6 na segunda campanha apresentou o resultado de maior valor com 139 NTU.

Na área do Almoxarifado os valores de turbidez ficaram acima do limite em pelo menos uma campanha em todos os pontos. O poço PM-13, assim como no ano anterior, durante a segunda campanha amostral, apresentou o pior resultado de turbidez da área com 162 NTU.

Na área do Candiota 1 os valores de turbidez ficaram acima do limite exigido em todos os poços em pelo menos uma campanha amostral. O pior resultado encontrado foi para o poço PM-17 durante a segunda campanha com valor de 57,1 NTU.

Figura 34 - Gráficos demonstrando os valores de Turbidez. Linhas vermelhas: limite de turbidez (MS 1469, 2000)



2.4.22. Metais Totais e Dissolvidos

Os metais totais analisados nessa pesquisa podem ser divididos em dois grupos segundo os cuidados padrões da legislação com os teores para o consumo humano: (1) controle com caráter estético; e (2) controle com caráter tóxico. Os metais que fazem parte do grupo com controle de caráter estético são o alumínio (Al), o ferro (Fe), o manganês (Mn) e o zinco (Zn). E os metais que fazem parte do grupo com controle de caráter tóxico são o arsênio (As), o cádmio (Cd), o chumbo (Pb), o cobre (Cu), o cromo (Cr), o mercúrio (Hg) e o níquel (Ni).

Os limites orientadores utilizados para os metais em águas subterrâneas correspondem ao CONAMA 396 de 2008. As medidas de metais totais que apresentaram valores acima do limite para alguns poços em pelo menos uma campanha amostral foram: alumínio, cobre, cromo, ferro, manganês e níquel. Os valores de metais dissolvidos que ultrapassaram os limites em pelo menos uma campanha amostral foram: alumínio, crômio, ferro, manganês e níquel. No grupo dos metais de caráter tóxico, o arsênio total e dissolvido, o cádmio total e dissolvido, o chumbo total e dissolvido, o cobre dissolvido, e o mercúrio total e dissolvido, não registraram medidas quantitativas significativas nas análises, estando todos os valores abaixo do limite determinado pela legislação em todos os poços e em todas as campanhas amostrais.

Os gráficos da figura 35 apresentam os padrões entre a relação da distribuição dos metais totais para cada poço. Observa-se nos gráficos que, em geral, o conjunto dos metais tende um mesmo padrão geométrico oriundo das análises quantitativas, variando praticamente a quantidade, porém mantendo uma identidade e proporção. Esse padrão é muito similar dos anos de monitoramento anteriores. Isso evidencia o comportamento dos metais relativo à área dos poços. É interessante observar as diferentes distribuições e picos de valores entre os metais Al, Fe e Mn, e a particularidade de cada poço.

A Figura 36 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de alumínio dissolvido e alumínio total.

Figura 35 - Gráficos apresentando a distribuição dos metais totais analisados nesse estudo para cada campanha amostral. Valores dos gráficos em $mg \cdot L^{-1}$

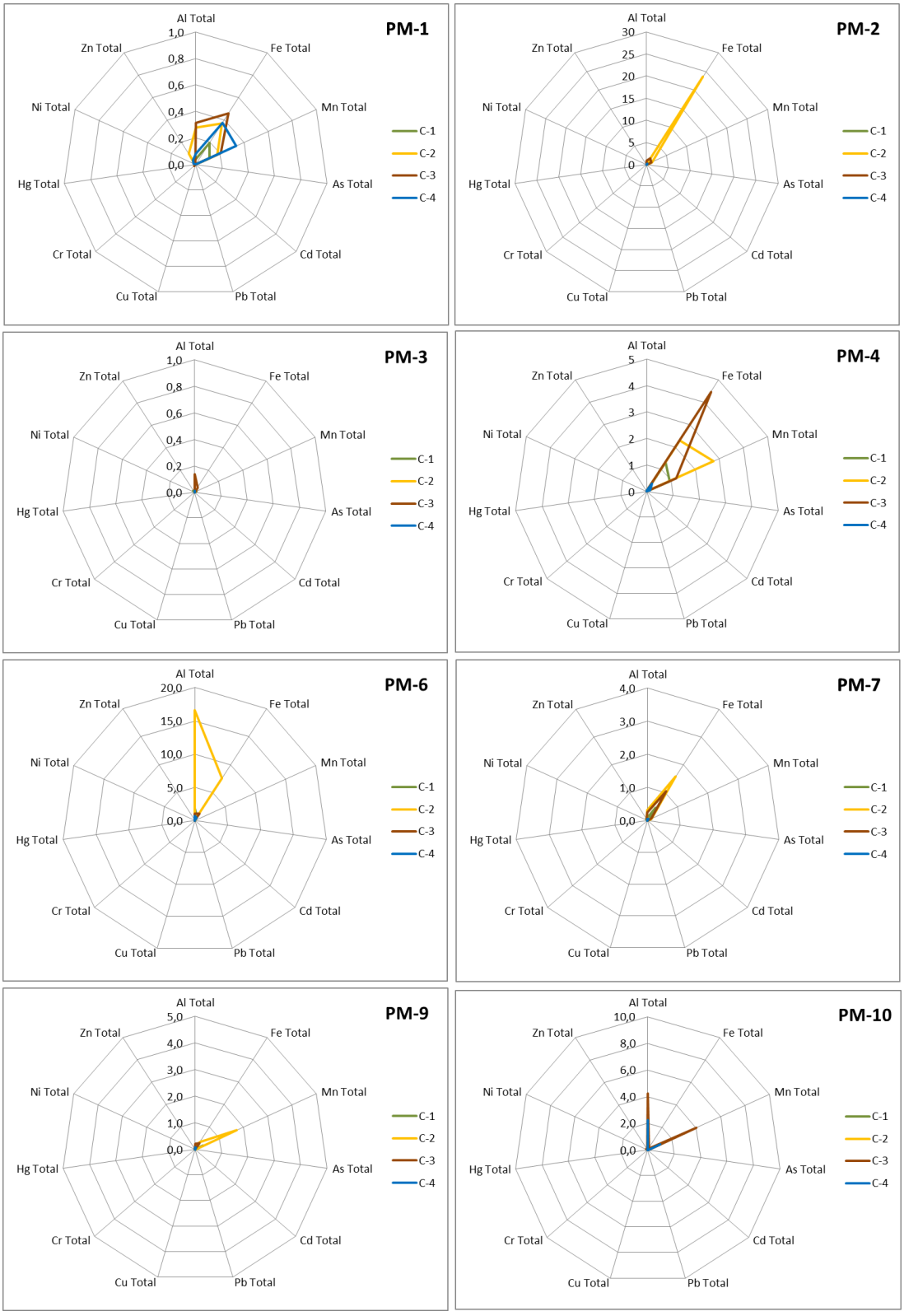
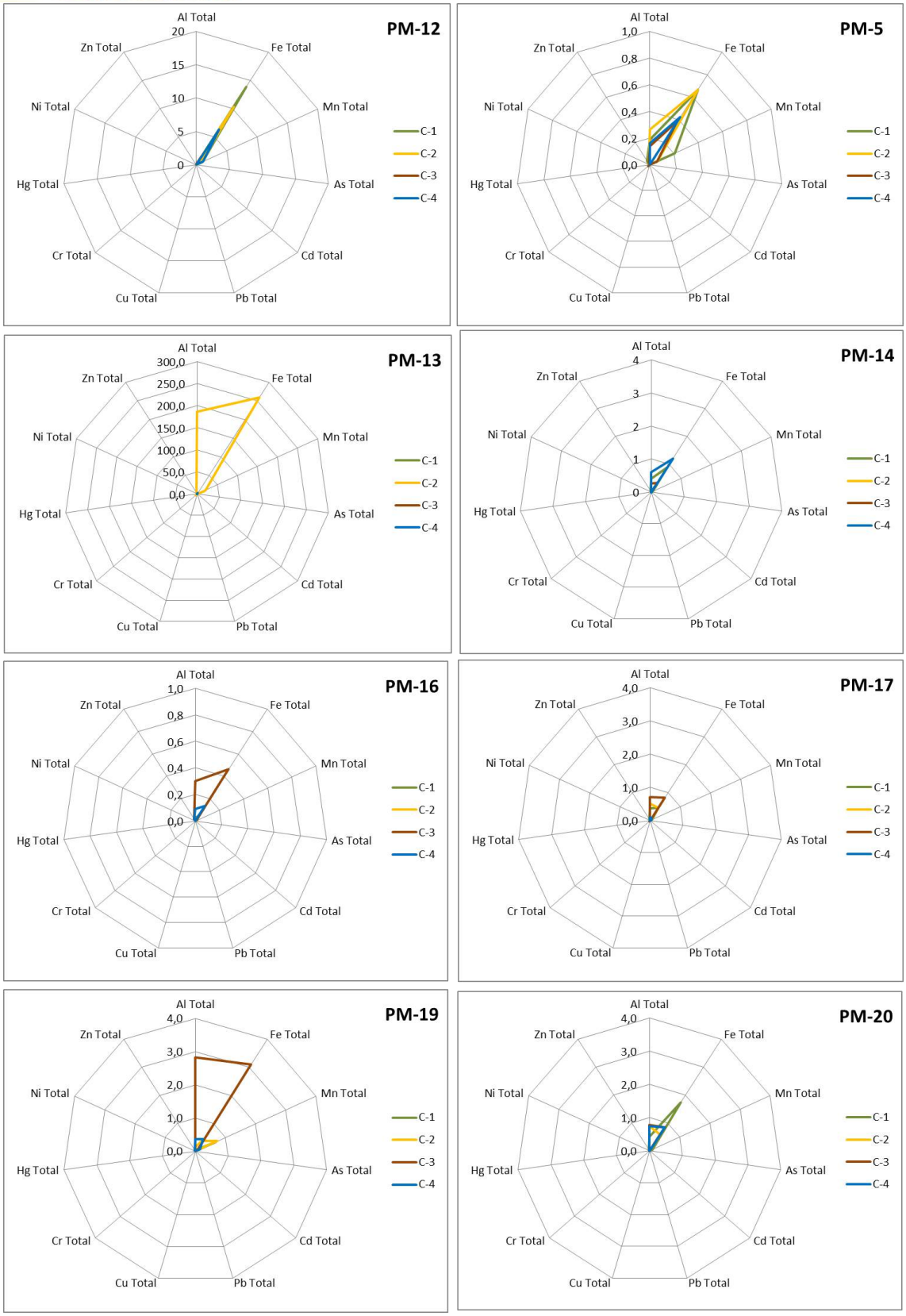


Figura continua na próxima página.



Na área da Usina Fase B e C, os poços PM-3, PM-4 e PM-12 possuem níveis de alumínio total dentro dos limites, porém os restantes dos poços se encontram numa

classificação não apropriada para o consumo humano segundo a legislação em pelo menos uma das campanhas, sendo o poço PM-6 durante a segunda campanha o que obteve o maior valor com 16,587 $mg \cdot L^{-1}$ de Al. O alumínio dissolvido é encontrado acima do limite (0,2 $mg \cdot L^{-1}$ de Al) nos pontos PM-1, PM-6, PM-9 e PM-10, tendo o maior valor no ponto PM-10 durante a terceira campanha chegando a 3,083 $mg \cdot L^{-1}$ de Al.

Na área do Almoxarifado os valores de alumínio total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos em pelo menos uma das campanhas, sendo que no poço PM-13 foi encontrado o maior valor em frente à legislação vigente durante a Campanha 2 com 186,639 $mg \cdot L^{-1}$ de Al. Os valores de alumínio dissolvido ultrapassam o limite nos poços PM-13 e PM14 pelo menos em uma campanha, com o valor máximo encontrado no PM-13 durante a segunda campanha de 19,765 $mg \cdot L^{-1}$ de Al. Na área do Candiota 1, os valores de alumínio total ultrapassam o limite em todos os pontos, em pelo menos um, das campanhas amostrais, sendo que o poço PM-19 durante a Campanha 3 apresentou o valor mais elevado com 2,819 $mg \cdot L^{-1}$ de Al. Os valores ultrapassam os limites para Al dissolvido nos poços PM-17, PM-19 e PM-20, tendo o seu máximo valor na área encontrado no poço PM-19 com 0,807 $mg \cdot L^{-1}$ de Al durante a terceira campanha amostral.

A Figura 37 apresenta o mapa com os diagramas em pizza plotados nos locais dos poços respectivos representando o alumínio total do ponto, contendo as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de alumínio em suspensão (porção vermelha dos diagramas) e alumínio dissolvido (porção azul dos diagramas) para cada poço. Com exceção dos poços PM-2 e PM-13, a relação entre alumínio total e dissolvido tem maior significância nos poços, apresentando valores de Al dissolvido acima de 15%. Em comparação ao ano amostral de 2021/2022 ocorreu um aumento significativo no número de poços e na porcentagem de Al dissolvido. O maior percentual se encontra nos poços PM- 9 e PM-10 com 65% e 49%, respectivamente, de Al dissolvido em relação à medida de Al total.

Figura 36 - Gráficos comparando os valores entre alumínio total e dissolvido. Linha vermelha: limite Al total (CONAMA 396, 2008)

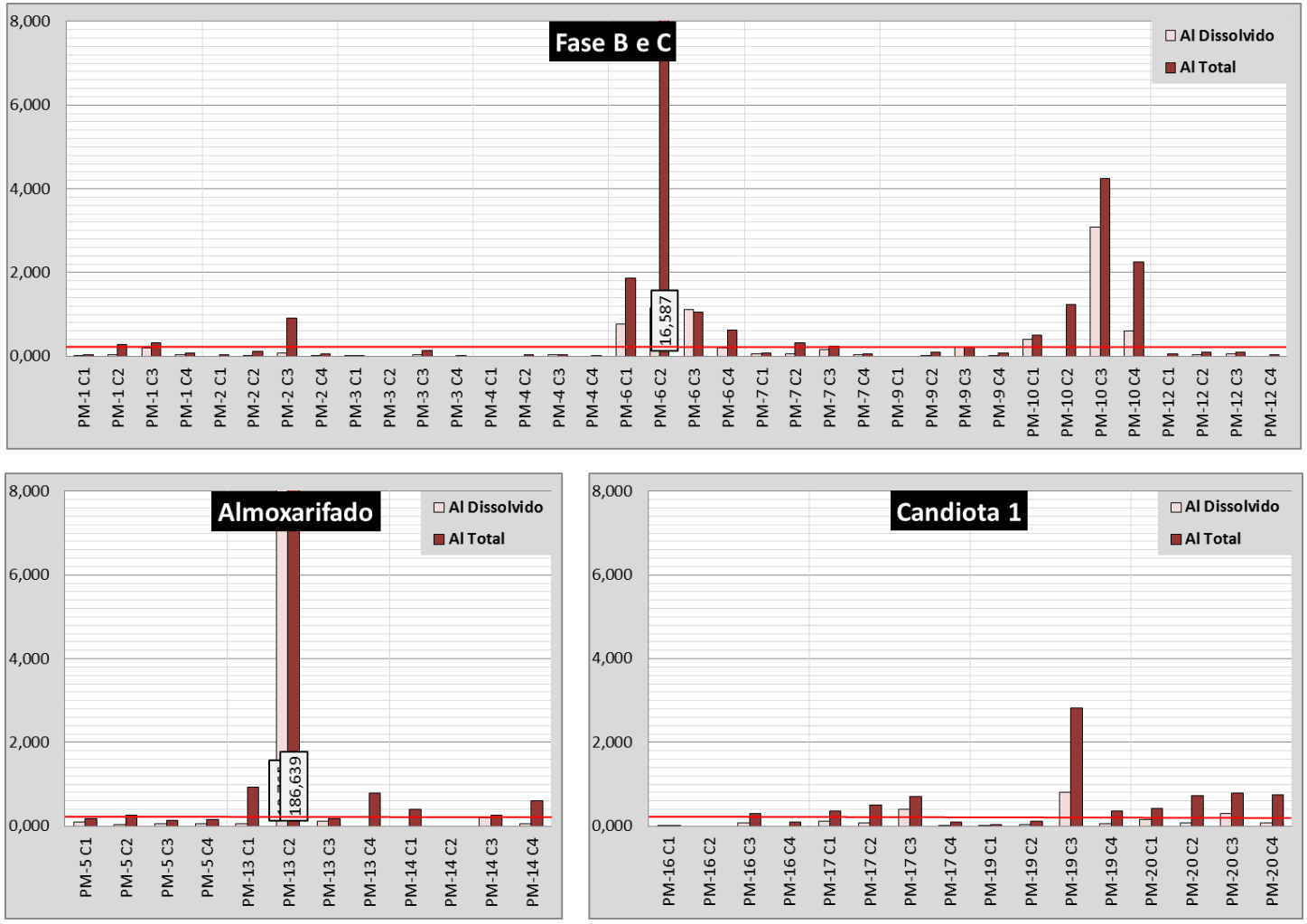
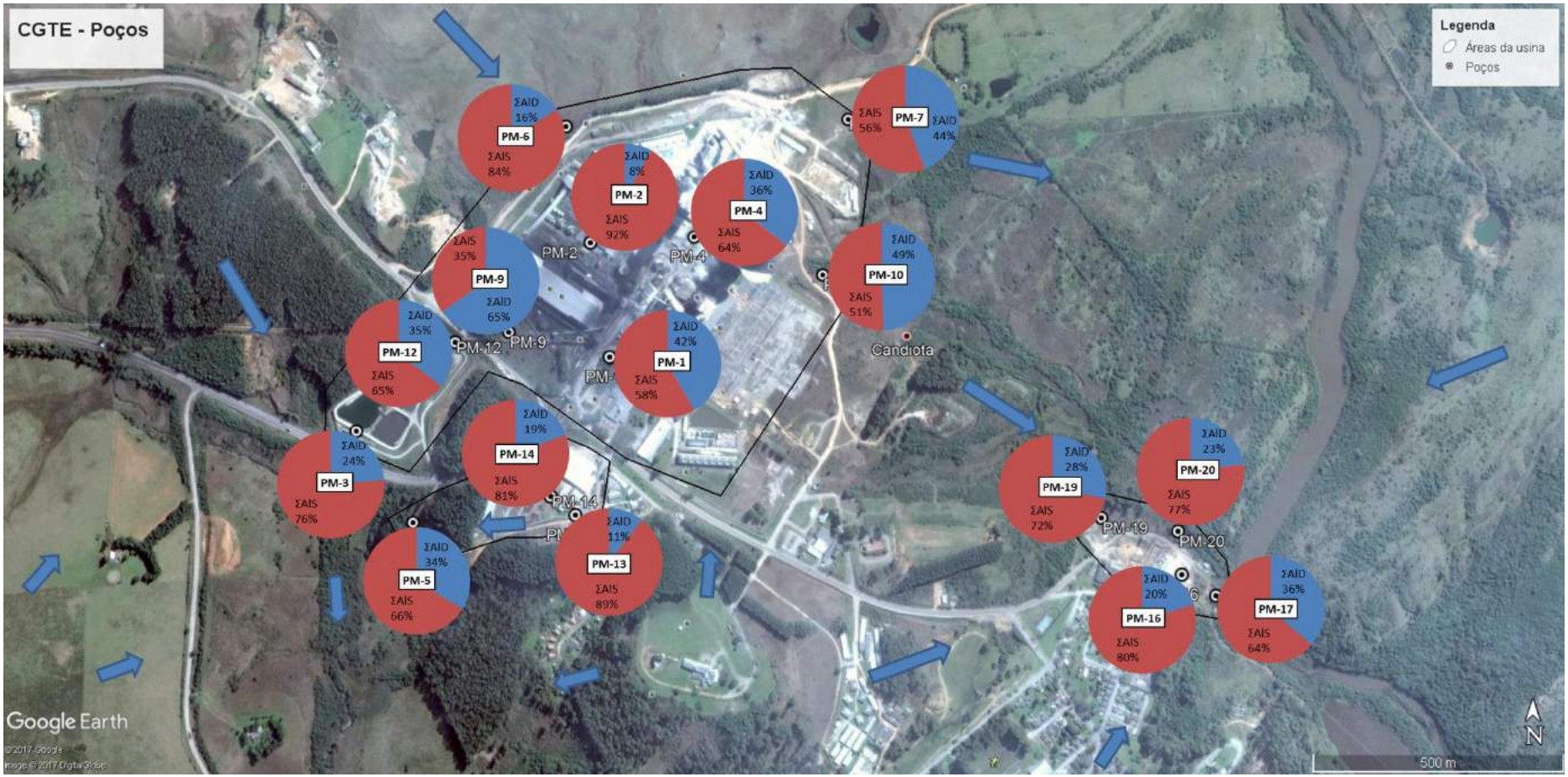


Figura 37 - Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de alumínio em suspensão (porção vermelha dos diagramas em pizza) e alumínio dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas



A Figura 38 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de Fe dissolvido e total.

Na área da Usina Fase B e C, o Fe total atinge valores acima do limite de consumo humano para todos os poços em pelo menos uma campanha, com exceção aos poços PM-3 e PM-10, mantendo similaridade com os anos de 2020/2021 e 2021/2022. Os maiores valores se encontram no poço PM-2 o qual chega a valores de até 23,528 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe (Campanha 2). O Fe dissolvido é encontrado acima do limite para os pontos PM-2, PM-4, PM-6 e PM-12, tendo os maiores valores no ponto PM-2 durante a segunda campanha com valor de 18,899 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe. Na área do Almoxarifado os valores de ferro total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos em pelo menos uma das campanhas, sendo o poço PM-13, durante a segunda campanha, o que registra o pior valor no local com 259,829 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe. Esses de ferro podem estar relacionados à estiagem. O valor de Fe dissolvido ultrapassa o limite para o consumo humano nos poços PM-5 e PM-13 com o maior valor obtido pelo PM-5 durante a segunda campanha com 27,819 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe. Na área do Candiota 1 os valores de ferro total ultrapassam o limite em todos os pontos em pelo menos uma das campanhas amostrais tendo o maior valor encontrado para a área no ponto PM-19 com 3,116 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe durante a Campanha 3. Os poços que apresentaram valores de Fe dissolvido acima do limite exigido pela legislação foram o PM-19 e o PM-20, sendo o PM-19 o que apresentou o maior valor com 0,448 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe durante a Campanha 3.

A Figura 39 apresenta o mapa com os diagramas em pizza plotados nos locais dos respectivos poços representando o ferro total do ponto, contendo as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de ferro em solução (porção vermelha dos diagramas) e ferro dissolvido (porção azul dos diagramas) para cada poço. A relação entre ferro total e dissolvido tem maior significância nos poços PM-2, PM-5, PM-6, PM-9, PM-10 e PM-20 apresentando valores de Fe dissolvido acima de 15%. O maior percentual de Fe dissolvido é exibido pelo PM-2 com 74%. Assim como no ano de 2021/2022, o poço PM-3 não apresentou detecção de ferro dissolvido.

Figura 38 - Gráficos comparando valores (mg·L^{-1}) entre ferro total e dissolvido. Linha vermelha: limite Fe total (CONAMA 396, 2008)

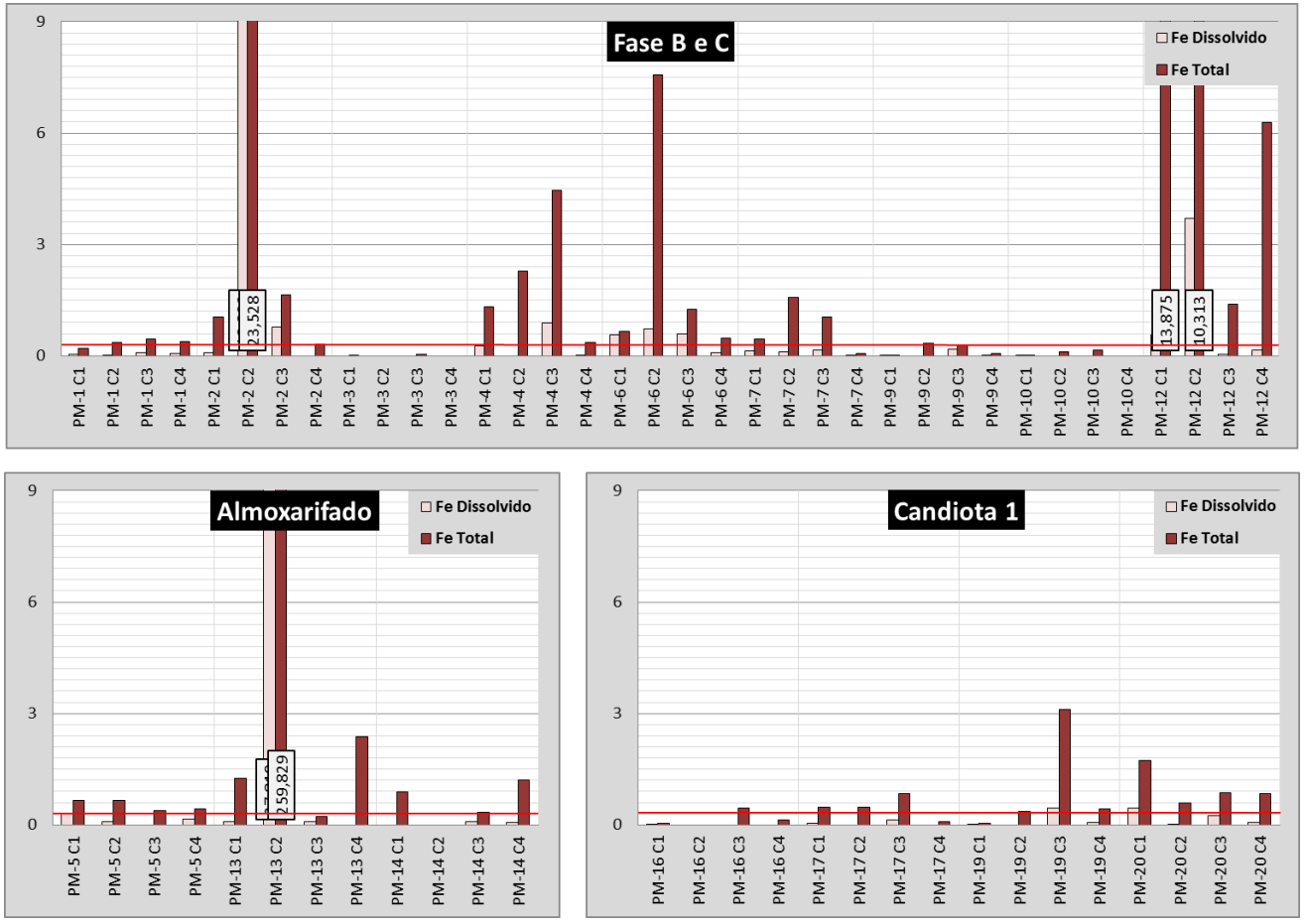


Figura 39 - Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de ferro em suspensão (porção vermelha dos diagramas em pizza) e ferro dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas



A Figura 40 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de manganês dissolvido e manganês total.

Na área da Usina Fase B e C, o Mn total atinge valores acima do limite de consumo humano em quase todos os poços em pelo menos uma das campanhas, com exceção dos pontos PM-3 e PM-6, apresentando similaridade com os anos de 2020/2021 e de 2021/2022. O poço PM-10 novamente registrou o maior valor de Mn total chegando a 4 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn durante a Campanha 3. O Mn dissolvido foi encontrado acima do limite para os poços PM-1, PM-2, PM-4, PM-9, PM-10 e PM-12, sendo que o PM-10 atingiu o maior valor com 3,217 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn também na Campanha 3.

Na área do Almoxarifado os valores de Mn total ultrapassam o limite para o consumo humano nos pontos PM-5 e PM-13 em pelo menos uma das campanhas, sendo o maior valor encontrado no PM-13 com 20,587 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn durante a segunda campanha. Os valores de Mn dissolvido ultrapassaram o limite para o consumo humano também nos poços PM-5 e PM-13 sendo o maior valor encontrado no PM-13 durante a segunda campanha com 1,055 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn. Na área do Candiota 1 os valores de Mn total ultrapassam o limite para o consumo humano apenas no ponto PM-19 em 75% das campanhas amostrais trimestrais, e registra o maior valor chegando a 0,732 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn durante segunda campanha. O PM-19 também possui o Mn dissolvido ultrapassando o limite na Campanha 2 registrando o valor de 0,670 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn.

A Figura 41 apresenta o mapa com os diagramas em pizza plotados nos locais dos poços respectivos representando o manganês total do ponto, contendo as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de manganês em suspensão (porção vermelha dos diagramas) e manganês dissolvido (porção azul dos diagramas) para cada poço. A relação entre manganês total e dissolvido tem menor significância apenas nos poços PM-13 e PM-14 apresentando valores de Mn dissolvido abaixo de 15%. O maior percentual de Mn dissolvido se encontra nos poços PM-1 e PM-2, com 100% e 92% respectivamente.

Figura 40 - Gráficos comparando os valores entre manganês total e dissolvido. Linha vermelha: limite Mn total (CONAMA 396, 2008)

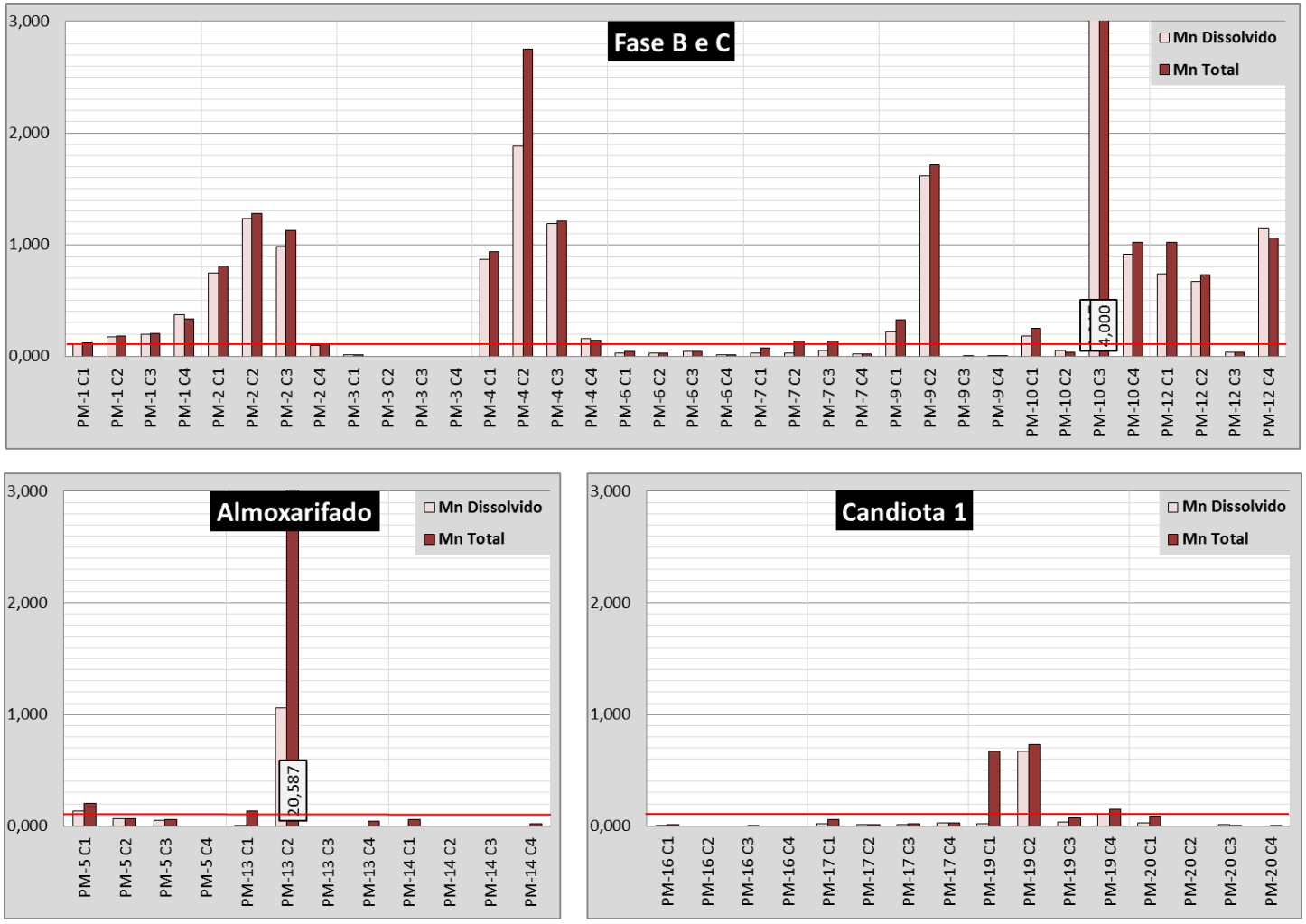
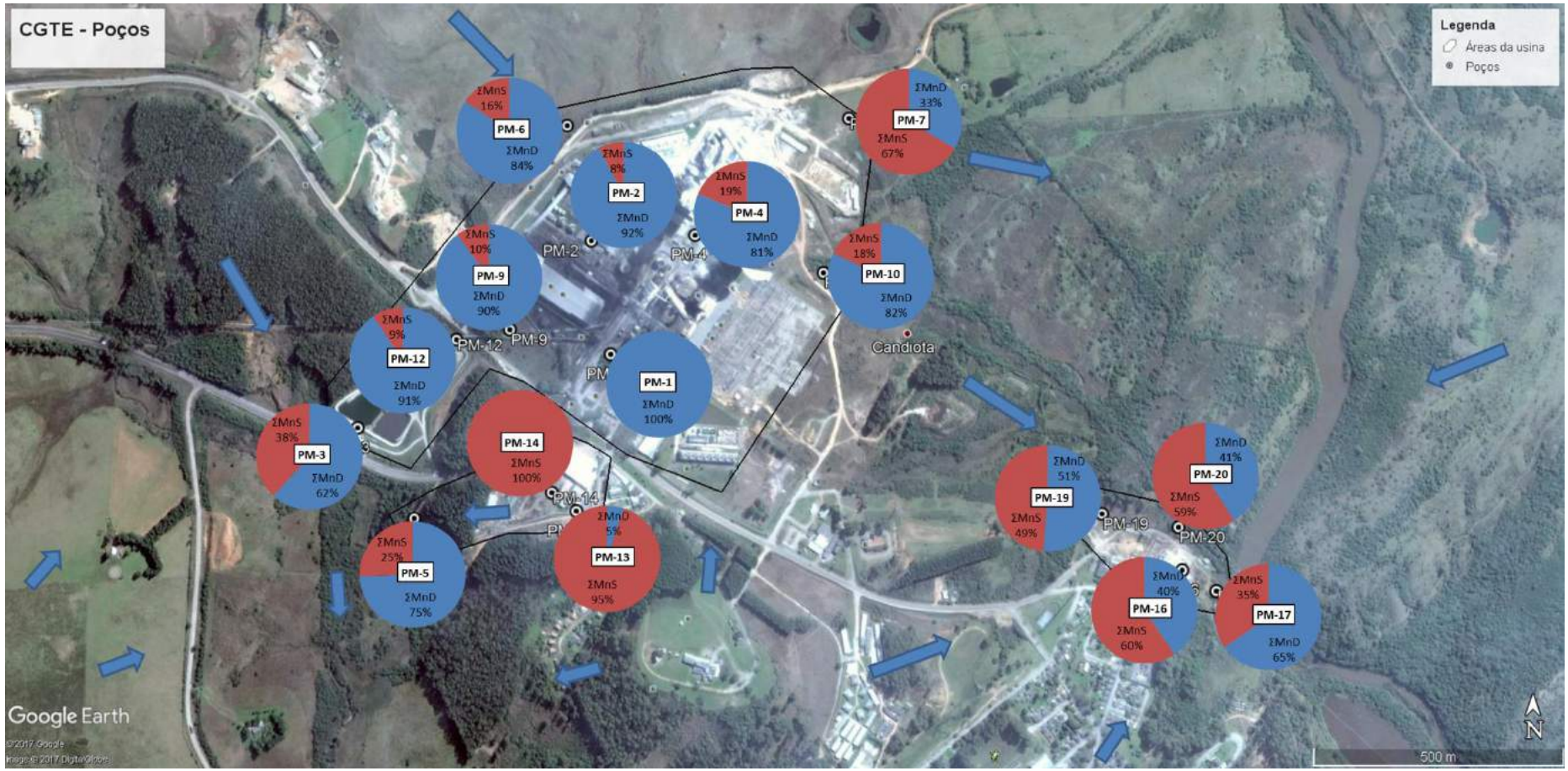


Figura 41 - Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de manganês em suspensão (porção vermelha dos diagramas em pizza) e manganês dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas



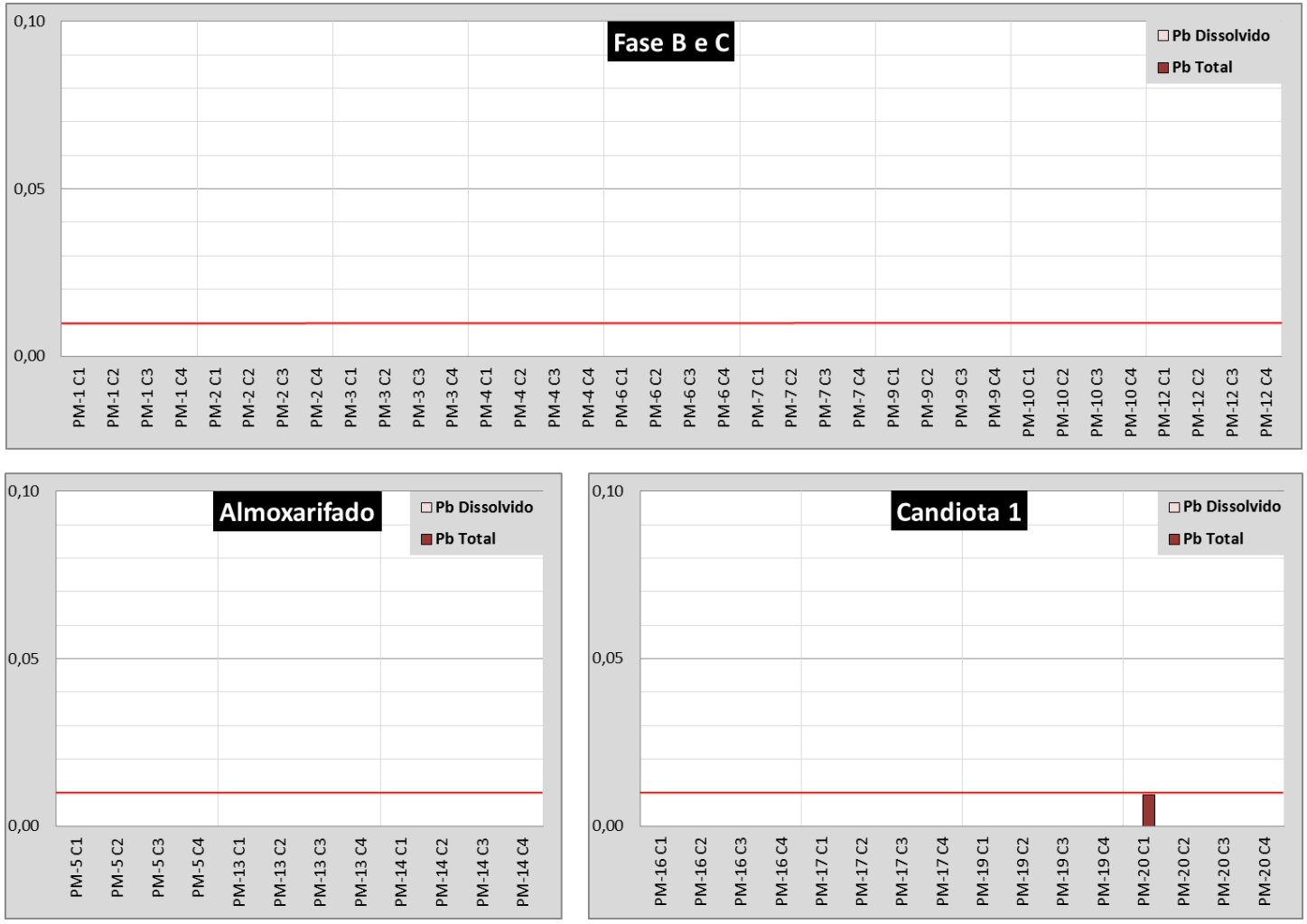
Em relação ao ano de 2021/2022, a relação proporcional entre o manganês dissolvido e o manganês em suspensão nas áreas da Fase B e C e Almoxarifado permanecem similares. No entanto, a área de Candiota 1 teve uma forte redução na proporção de manganês dissolvido nos poços em todos os poços.

A Figura 42 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de chumbo dissolvido e chumbo total. Ao longo dos anos de monitoramento, os valores do chumbo não apresentam uma regularidade específica ou tendência geral para os poços de monitoramento, onde cada poço variou de maneira diferente o seu teor de Pb.

Na área da Usina Fase B e C, o chumbo total e dissolvido não foram detectados nas campanhas amostrais. A área do Almoxarifado também não registrou valores de chumbo total e dissolvido.

Apenas na área do Candiota 1 foi quantificado valor de chumbo total acima do limite de detecção no ponto PM-20 durante a Campanha 1. No entanto, o valor está abaixo do limite recomendado pela legislação vigente com 0,009 $mg \cdot L^{-1}$ de Pb. Uma melhora significativa nesse parâmetro que no ano 2021/2022 apresentou valores acima do limite em duas oportunidades, uma no poço PM-19 e outra no poço PM-20.

Figura 42 - Gráficos comparando os valores entre chumbo total e dissolvido. Linha vermelha: limite Pb total (CONAMA 396, 2008)



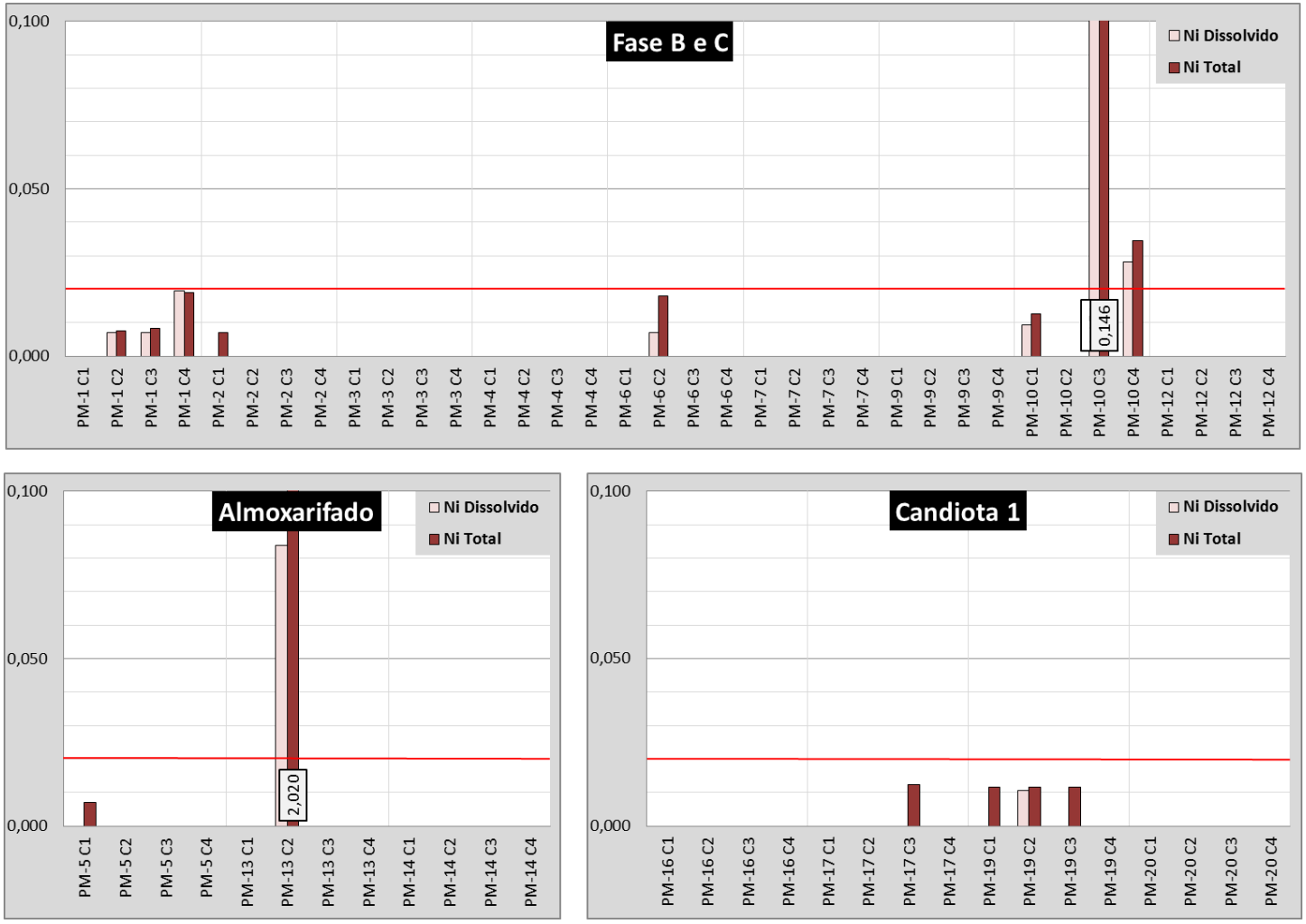
A Figura 43 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de níquel dissolvido e níquel total. Os valores de níquel também não apresentam uma regularidade específica para os poços de monitoramento.

Na área da Usina Fase B e C os valores de níquel total que ultrapassaram o limite para o consumo humano foram detectados no poço PM-10 durante as Campanhas amostrais 3 e 4, atingindo o maior valor com 0,146 $mg \cdot L^{-1}$ de Ni. O níquel dissolvido apenas ultrapassou o limite para o consumo humano no poço PM-10 durante a terceira e quarta campanhas atingindo o maior valor por volta de 0,150 $mg \cdot L^{-1}$ de Ni. Apesar do níquel não apresentar uma presença regular nos poços de monitoramento, o poço PM-10 tem certa regularidade na detecção de níquel. E assim, como no ano de monitoramento de 2021/2022, apresentou os valores mais elevados na área da Fase B e C.

Na área do Almoxarifado o níquel total e dissolvido ultrapassou os valores do limite de consumo humano em frente à legislação vigente da Resolução CONAMA 396-2008 no ponto PM-13 durante a segunda campanha amostral. Os valores registrados foram de 2,020 $mg \cdot L^{-1}$ para níquel total e de 0,084 $mg \cdot L^{-1}$ para níquel dissolvido.

Na área do Candiota 1, os valores de níquel total e dissolvido em todos os poços e em todas as campanhas amostrais não ultrapassaram os valores do limite de consumo humano em frente à legislação vigente da Resolução CONAMA 396-2008.

Figura 43 - Gráficos comparando os valores entre níquel total e dissolvido. Linha vermelha: limite Ni total (CONAMA 396, 2008)



A Figura 44 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de cromo dissolvido e cromo total. Os valores de cromo também não apresentam uma regularidade específica para os poços de monitoramento.

Na área da Usina Fase B e C os valores de cromo total e dissolvido em todos os poços e em todas as campanhas amostrais não ultrapassaram os valores do limite de consumo humano em frente à legislação vigente da Resolução CONAMA 396-2008.

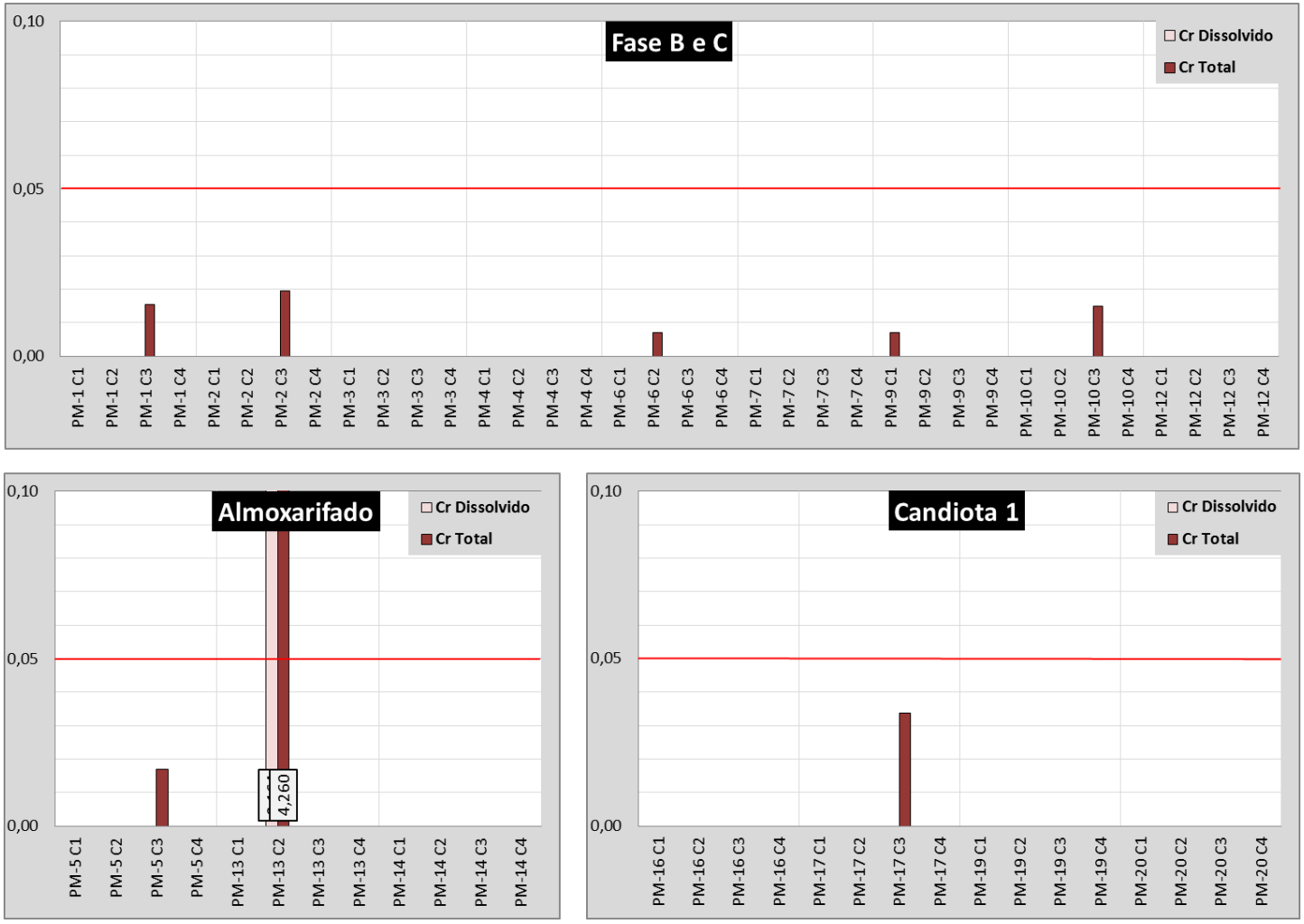
Na área do Almoxarifado o cromo total e dissolvido ultrapassou os valores do limite de consumo humano em frente à legislação vigente da Resolução CONAMA 396-2008 no ponto PM-13 durante a segunda campanha amostral. Os valores registrados foram de 4,260 $mg \cdot L^{-1}$ para níquel total e de 0,164 $mg \cdot L^{-1}$ para níquel dissolvido. Assim como para o elemento níquel, o cromo apresentou valores expressivos no poço PM-13. Devido ao fato desse posso estar localizado no almoxarifado, pode ser que tenha influência de algum material armazenado na área. Outro fato relevante é que durante a Campanha 2 ocorreu forte estiagem na região, diminuindo o volume de águas subterrâneas (e o fator de diluição) e aumento a concentração dos poluentes.

Na área do Candiota 1, os valores de níquel total e dissolvido em todos os poços e em todas as campanhas amostrais estiveram abaixo do limite de consumo humano em frente à legislação vigente da Resolução CONAMA 396-2008.

O cobre total apresentou seu limite acima da legislação CONAMA 396-2008 no ponto PM-13 durante a segunda campanha amostral, registrando o valor de 0,603 $mg \cdot L^{-1}$.

Os demais metais do grupo com caráter tóxico não apresentaram valores acima dos limites exigidos pela legislação, e apresentaram uma redução significativa em relação aos anos anteriores. O zinco, que faz parte do grupo com caráter estético também não registrou valores acima dos limites da legislação vigente da Resolução CONAMA 396-2008.

Figura 44 - Gráficos comparando os valores entre cromo total e dissolvido. Linha vermelha: limite Cr total (CONAMA 396, 2008)



Os quadros 44 até 47 apresentam os resultados da razão matemática, calculada para metais totais com base nas referências de consumo humano usadas para a água subterrânea expressa na Resolução do CONAMA 396 de 2008. Assim como para as variáveis de coliformes, condutividade elétrica, cor real, DBO, fenóis totais, fósforo total, óleos e graxos, oxigênio dissolvido e turbidez, calculada com base nas referências de valores mais rigorosos da Resolução do CONAMA 358-2008, CONAMA 357-2005, da Resolução 1469-2000 do Ministério da Saúde, e de valores internacionais da ANZECC (2010).

O critério de visualização segue a estratégia do cálculo da razão matemática. A razão matemática foi construída tendo no denominador o valor expresso nas resoluções citadas acima, enquanto no numerador foi utilizado o valor encontrado na amostra coletada no poço monitor referenciado para uma determinada variável. A exceção é para as medidas de OD em frente que quanto mais oxigênio melhor é a qualidade da água, assim para tal parâmetro se utiliza como denominador o valor encontrado na amostra, enquanto o numerador é o valor citado na legislação.

Toda vez que os valores obtidos forem maiores que 1, indica que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência. Assim, pinta-se o espaço referente com a cor **vermelha**, que representa má qualidade da água para tal parâmetro. Toda a vez que o valor obtido superar 0,5, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência, pinta-se o espaço com a cor **laranja**, significando um sinal de alerta e a necessidade de monitoramento. Caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência, colorindo o espaço da tabela com a cor **verde**, significando boa qualidade do parâmetro. No caso dos coliformes termotolerantes usou-se ND que significa não detectado, colorindo o espaço da tabela com a cor **verde**, e C significa contaminado e pinta-se o espaço referente com a cor **vermelha**.

A avaliação qualitativa foi separada por campanha amostral para cada área da termelétrica.

Quadro 44 - Índice qualitativo da Campanha 1 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2010). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência (**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**)

Campanha - 1	Usina Fase B e Fase C									Almoxarifado			Candiota 1			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-6	PM-7	PM-9	PM-10	PM-12	PM-5	PM-13	PM-14	PM-16	PM-17	PM-19	PM-20
Coliformes	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	C	ND	ND	C	ND	C
Condutividade	0,8	1,2	1,3	1,2	0,1	0,2	0,8	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,7	0,2	1,1	0,4
Cor Real	6,4	4,6	0,7	3,9	46,3	5,2	1,9	0,7	30,5	3,0	118,3	39,9	36,1	102,1	1,2	3,2
DBO5	4,4	2,0	1,5	2,7	3,5	81,0	4,6	6,9	67,0	5,1	0,7	1,2	0,0	0,0	1,1	0,0
Fenóis Totais	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fósforo Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Óleos e Graxas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	**	0,0	0,0
OD	1,8	60,0	1,9	2,4	1,2	0,9	1,4	1,7	2,9	1,7	1,1	1,1	1,1	1,5	1,3	1,5
Turbidez	1,8	1,3	0,9	1,6	14,1	1,9	4,2	0,0	17,7	1,2	6,3	4,7	0,9	5,2	0,6	2,2
Al Total	0,2	0,2	0,1	0,0	9,3	0,4	0,0	2,5	0,3	0,9	4,6	2,0	0,1	1,8	0,1	2,1
As Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
Cu Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe Total	0,6	3,5	0,0	4,4	2,2	1,5	0,1	0,1	46,2	2,2	4,2	3,0	0,2	1,6	0,2	5,8
Mn Total	1,1	8,1	0,2	9,4	0,5	0,7	3,3	2,5	10,2	2,1	1,4	0,6	0,1	0,6	6,7	0,9
Hg Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni Total	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
Zn Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Quadro 45 - Índice qualitativo da Campanha 2 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2010). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência (**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**)

Campanha - 2	Usina Fase B e Fase C									Almoxarifado			Candiota 1			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-6	PM-7	PM-9	PM-10	PM-12	PM-5	PM-13	PM-14	PM-16	PM-17	PM-19	PM-20
Coliformes	ND	ND	*	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	*	*	C	ND	C
Condutividade	0,9	1,3	*	0,8	0,1	0,2	0,8	0,4	0,6	0,8	0,4	*	*	0,2	1,3	0,2
Cor Real	2,3	31,1	*	5,7	145,3	4,8	7,5	1,9	32,9	1,0	104,7	*	*	33,4	5,5	4,4
DBO5	0,0	0,0	*	0,0	2,4	0,0	5,4	0,0	0,0	0,7	1,2	*	*	0,0	0,0	0,0
Fenóis Totais	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	*	0,0	0,0	0,0
Fósforo Total	0,0	0,0	*	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	326,8	*	*	0,0	0,0	0,0
Óleos e Graxas	0,0	0,0	*	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	*	*	0,0	0,0	0,0
OD	1,8	60,0	*	1,8	1,6	1,0	2,1	1,5	2,6	1,4	1,6	*	*	1,5	2,6	1,5
Turbidez	2,3	20,4	*	4,7	27,8	2,0	2,1	0,0	7,9	0,5	32,4	*	*	11,4	0,4	1,9
Al Total	1,4	0,6	*	0,2	82,9	1,6	0,5	6,2	0,4	1,3	933,2	*	*	2,6	0,6	3,7
As Total	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	*	0,0	0,0	0,0
Cd Total	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	*	0,0	0,0	0,0
Pb Total	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	*	0,0	0,0	0,0
Cu Total	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	*	*	0,0	0,0	0,0
Cr Total	0,0	0,0	*	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	85,2	*	*	0,0	0,0	0,0
Fe Total	1,2	78,4	*	7,6	25,3	5,3	1,1	0,4	34,4	2,2	866,1	*	*	1,6	1,2	1,9
Mn Total	1,8	12,8	*	27,5	0,3	1,3	17,2	0,4	7,3	0,7	205,9	*	*	0,2	7,3	0,0
Hg Total	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	*	0,0	0,0	0,0
Ni Total	0,4	0,0	*	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	101,0	*	*	0,0	0,6	0,0
Zn Total	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	*	*	0,0	0,0	0,0

Quadro 46 - Índice qualitativo da Campanha 3 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2010). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência (**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**)

Campanha - 3	Usina Fase B e Fase C									Almoxarifado			Candiota 1			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-6	PM-7	PM-9	PM-10	PM-12	PM-5	PM-13	PM-14	PM-16	PM-17	PM-19	PM-20
Coliformes	C	C	C	ND	C	C	C	ND	C	C	C	C	C	C	C	C
Condutividade	0,8	2,2	1,5	1,3	0,3	0,2	0,3	1,6	2,4	0,8	0,4	0,2	0,7	0,2	0,5	0,2
Cor Real	5,2	9,7	0,0	13,1	13,2	3,4	4,4	6,6	12,7	2,0	6,3	4,3	3,2	7,9	27,9	6,5
DBO5	0,0	3,5	0,0	2,5	4,3	2,2	6,2	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	1,9
Fenóis Totais	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fósforo Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0
Óleos e Graxas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
OD	1,5	7,6	1,1	1,4	1,1	1,0	1,1	1,2	1,4	1,3	1,0	0,8	1,0	1,3	1,2	1,6
Turbidez	2,1	2,6	0,0	3,9	4,2	2,5	1,1	1,5	2,5	0,6	1,7	0,9	1,6	3,4	8,4	2,1
Al Total	1,6	4,5	0,7	0,2	5,3	1,2	1,1	21,2	0,5	0,7	0,9	1,3	1,5	3,6	14,1	3,9
As Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cu Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr Total	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
Fe Total	1,5	5,5	0,1	14,9	4,2	3,5	1,0	0,5	4,6	1,3	0,8	1,1	1,5	2,8	10,4	2,8
Mn Total	2,1	11,3	0,0	12,1	0,4	1,4	0,1	40,0	0,4	0,6	0,0	0,0	0,1	0,2	0,7	0,0
Hg Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni Total	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,0
Zn Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Quadro 47 - Índice qualitativo da Campanha 4 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2010). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência (**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**)

Campanha - 4	Usina Fase B e Fase C									Almoxarifado			Candiota 1			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-6	PM-7	PM-9	PM-10	PM-12	PM-5	PM-13	PM-14	PM-16	PM-17	PM-19	PM-20
Coliformes	ND	ND	ND	C	C	ND	C	ND	C	C	C	C	C	C	C	C
Condutividade	1,2	2,0	1,3	1,3	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	0,8	0,3	0,2	1,3	0,2	0,6	0,2
Cor Real	1,4	2,3	0,0	4,5	18,1	0,0	2,9	3,1	1,0	4,3	4,7	27,6	2,5	99,8	5,5	28,7
DBO5	0,0	0,0	0,0	3,4	2,7	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fenóis Totais	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fósforo Total	1,1	0,8	0,9	1,0	1,2	1,1	1,5	0,0	1,2	2,1	1,9	1,8	1,4	0,9	1,7	1,4
Óleos e Graxas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
OD	1,6	2,4	1,7	2,1	2,0	0,9	1,1	1,4	4,2	1,8	0,8	1,0	1,1	2,4	1,7	1,6
Turbidez	0,5	1,1	0,0	1,5	3,4	0,0	0,8	1,3	3,1	2,1	2,5	5,7	0,9	3,6	2,1	6,9
Al Total	0,4	0,3	0,1	0,1	3,2	0,2	0,3	11,3	0,1	0,8	4,0	3,0	0,5	0,5	1,8	3,8
As Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cu Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe Total	1,2	1,1	0,0	1,2	1,6	0,2	0,2	0,0	21,0	1,4	7,9	4,0	0,4	0,3	1,4	2,8
Mn Total	3,4	1,1	0,0	1,4	0,1	0,2	0,1	10,2	10,6	0,0	0,5	0,2	0,0	0,2	1,5	0,1
Hg Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni Total	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Os quadros acima evidenciam claramente a qualidade da água subterrânea para os poços de monitoramento. Em uma análise geral, o ponto PM-3, assim como nos últimos anos amostrais, permanece sendo o poço com as melhores condições de qualidade de água, apesar de estar localizado na área das bacias de decantação. O ponto PM-6 ficou com o pior desempenho anual. Esse ponto fica localizado a montante da usina termelétrica (pelo fluxo do lençol freático), e se apresenta como uma espécie de "branco", captando as águas subterrâneas no fluxo anterior a usina e de sua influência direta. Isso demonstra que água subterrânea sofre influências negativas na sua qualidade anteriormente a passagem na usina. Esses fatores para diminuição da qualidade podem ter origem natural através da geologia local, uma vez que as camadas de carvão estão expostas em alguns locais, assim como influência nas partes não aflorantes. Mas também a qualidade pode estar sendo afetada por diversos usos do solo, como por exemplo na aplicação de agrotóxicos e fertilizantes na agricultura ou na pastagem e pecuária.

A Figura 45 apresenta um índice geral de qualidade relativa das águas subterrâneas (IQAS) das áreas monitoradas por estação do ano. A imagem ilustra uma piora da qualidade da água nos períodos de verão (C2) e outono (C3), um quadro mais ameno para a primavera (C1), e um quadro mais intermediário no inverno (C4). Essa diferença pode ter relação com as diferenças meteorológicas de precipitação e temperatura ao decorrer do ano, contudo o comportamento hídrico dos poços apresenta diferenças nos padrões do nível estático entre eles.

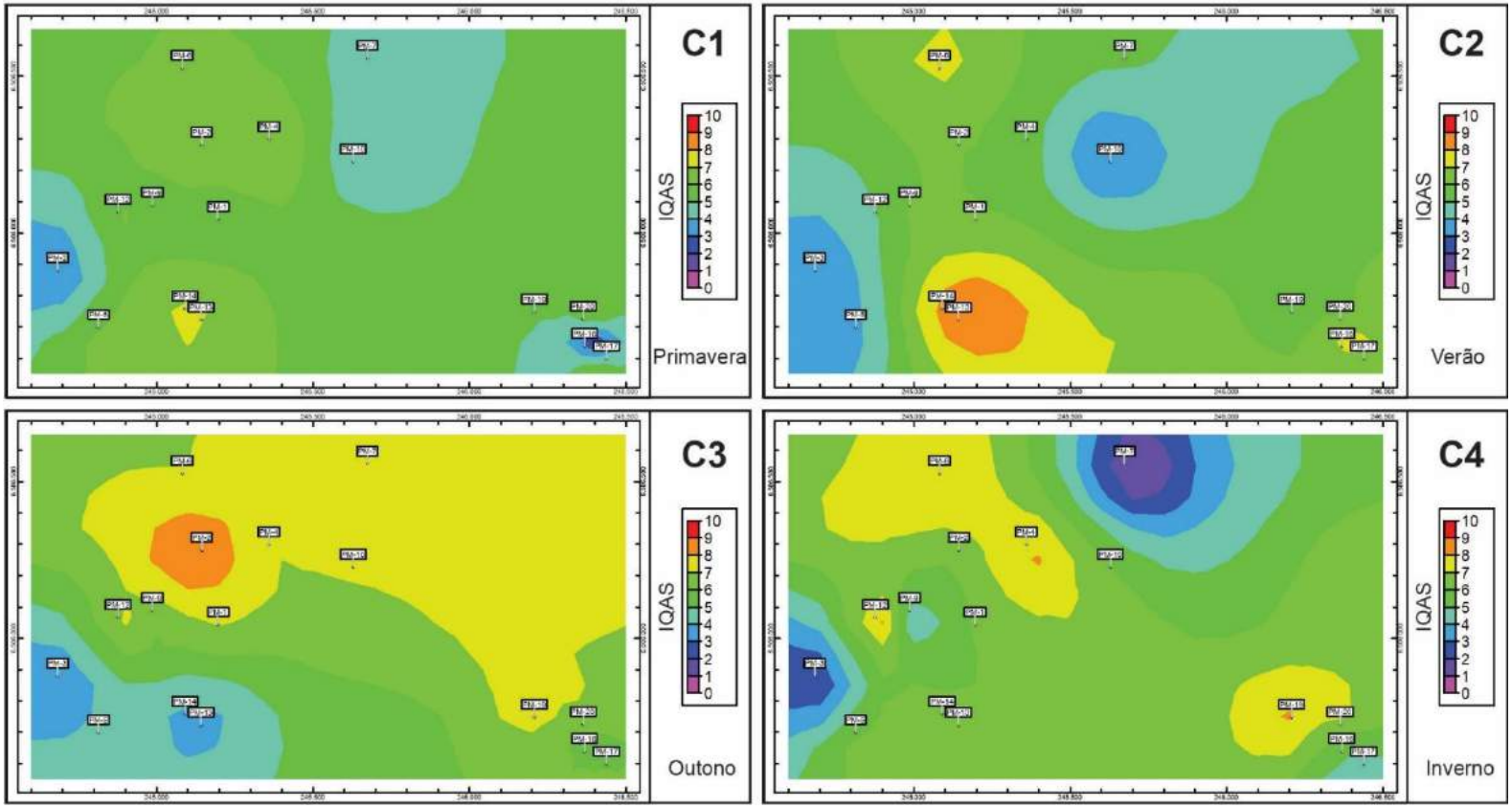
Analisando o mapa da primavera observa-se que é o período de melhor qualidade da água no ano amostral, isso pode estar relacionado à boa média de precipitações no período juntamente com temperaturas mais amenas (segunda menor média do ano com valores próximos do inverno). Isso aumenta o poder de diluição do sistema, além de ocorrer menor evaporação e menor evapotranspiração. Apesar da melhor qualidade da água subterrânea na visão geral, a área do almoxarifado (PM-13 e PM-14) possui um pico de qualidade inferior em relação às demais áreas. Esse pico aumenta durante o verão.

Conforme os gráficos apresentados nos relatórios trimestrais, o verão apresentou a menor média de precipitação, e a maior média de temperatura. Essas médias de temperatura e precipitação influenciaram em maiores taxas de evaporação e evapotranspiração colaborando assim para um nível freático relativamente mais rebaixado em alguns poços em comparação com as demais estações. Esse menor volume de água subterrânea pode ter levado a uma menor diluição dos contaminantes, resultando

em maiores índices quantitativos na água coletada. No verão podemos observar os piores índices de qualidade da água subterrânea localizados na área do almoxarifado (PM-13 e PM-14). Essa mancha de pior índice parece migrar durante o outono para a área da Fase B e C da usina, com o seu pico no ponto PM-2. Apesar do outono possuir o maior índice pluviométrico, as temperaturas médias ainda foram relativamente altas para o período, podendo assim ter ocorrido alguma influência climática na concentração dos compostos estudados que levou a uma qualidade da água ruim, e/ou alguma influência da usina (tanto em questão industrial quanto de esgotamento sanitário) e/ou interferências externas (agricultura, pecuária, composição da litologia).

A mancha observada no outono de qualidade de água inferior diminui durante o inverno. O inverno teve a segunda maior média de precipitação e as temperaturas médias mais baixas implicando, de modo geral, em níveis do freático mais elevado e em menores taxas de evaporação e evapotranspiração. Apesar de um quadro favorecendo maior diluição das variáveis medidas, o inverno apresentou níveis de qualidade intermediária.

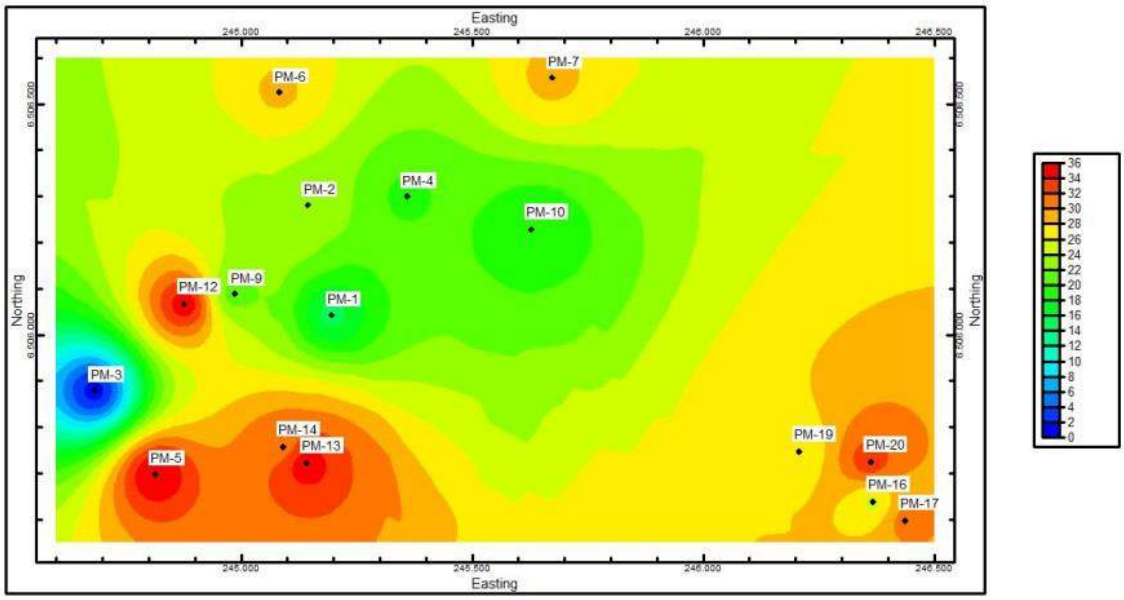
Figura 45 - Mapas demonstrando o comportamento do índice de qualidade das águas subterrâneas durante as quatro campanhas amostrais. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho)



2.4.23. Comparação dos Mapas de IQA Anual com Anos Anteriores

No ano 2018/2019 (Figura 46), os poços com as piores condições de qualidade da água foram o PM-5, PM-12 e PM-13, apresentando a maioria dos parâmetros com altos índices quantitativos. Um exemplo disso é o poço PM-13 que teve seus valores de chumbo quase quatro vezes maior que o previsto na legislação. Pode-se observar que alguns dos locais que apresentam IQAS inferior (vermelho) estão próximos de áreas urbanas.

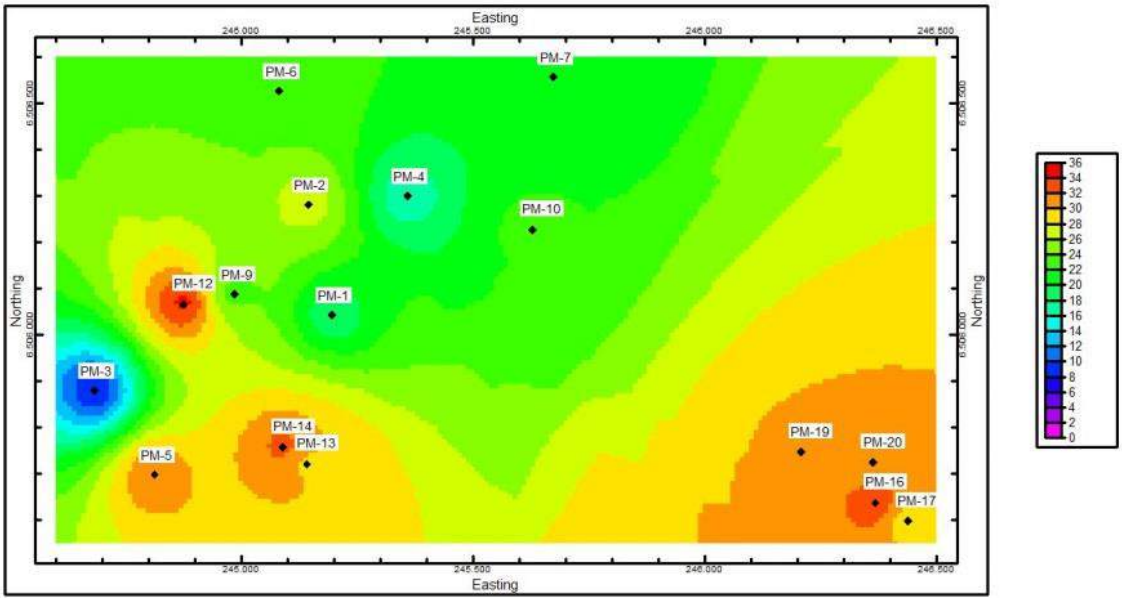
Figura 46 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2018/2019. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho)



No ano de 2019/2020 (Figura 47), os poços com as piores condições de qualidade da água foram o PM-5, PM-12, PM-13, PM-14, PM-16, PM-19 e PM-20 apresentando a maioria dos parâmetros com altos índices. Um exemplo disso é o poço PM-12 que apresenta contaminação com chumbo em todas as campanhas chegando a níveis até quatro vezes maior que o previsto na legislação. Assim como o constante sinal de alerta em relação ao arsênio, além de muitos parâmetros extrapolarem os limites legislativos. De um ponto de vista geral, as maiorias dos poços mantiveram ou melhoraram a sua qualidade em relação aos dados do projeto de 2018/2019. Os poços que tiveram uma queda na sua qualidade foram o PM-16 e o PM-19. O PM-16 possui índices de fósforo

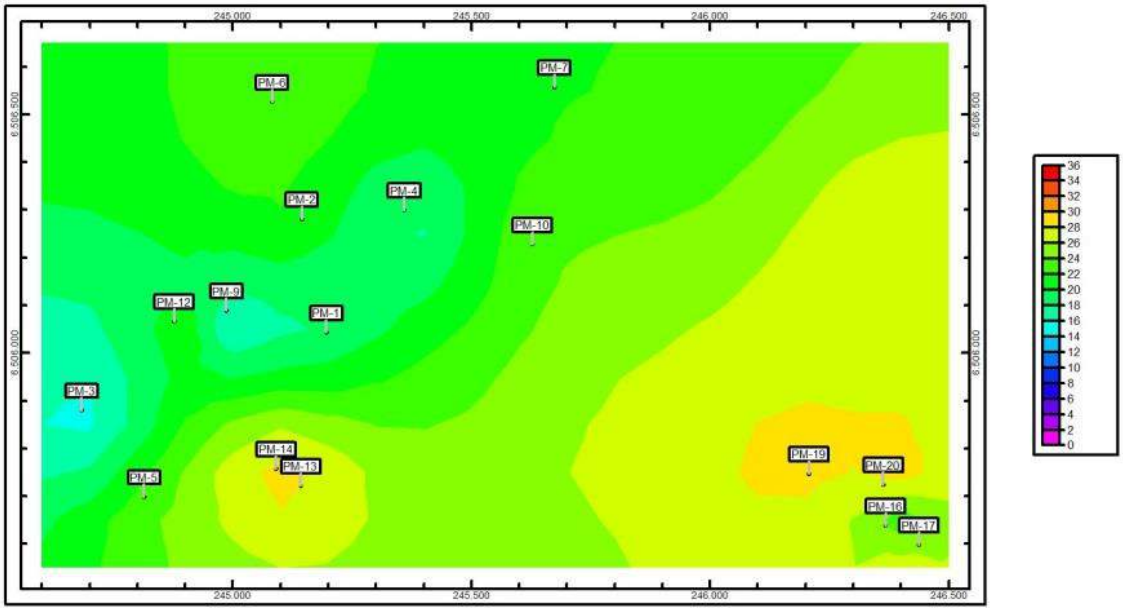
acima que prevê a legislação em todas as campanhas e frequente contaminação por coliformes. O PM-19 apresenta frequentes contaminações por coliformes, fósforo e chumbo.

Figura 47 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2019/2020. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho)



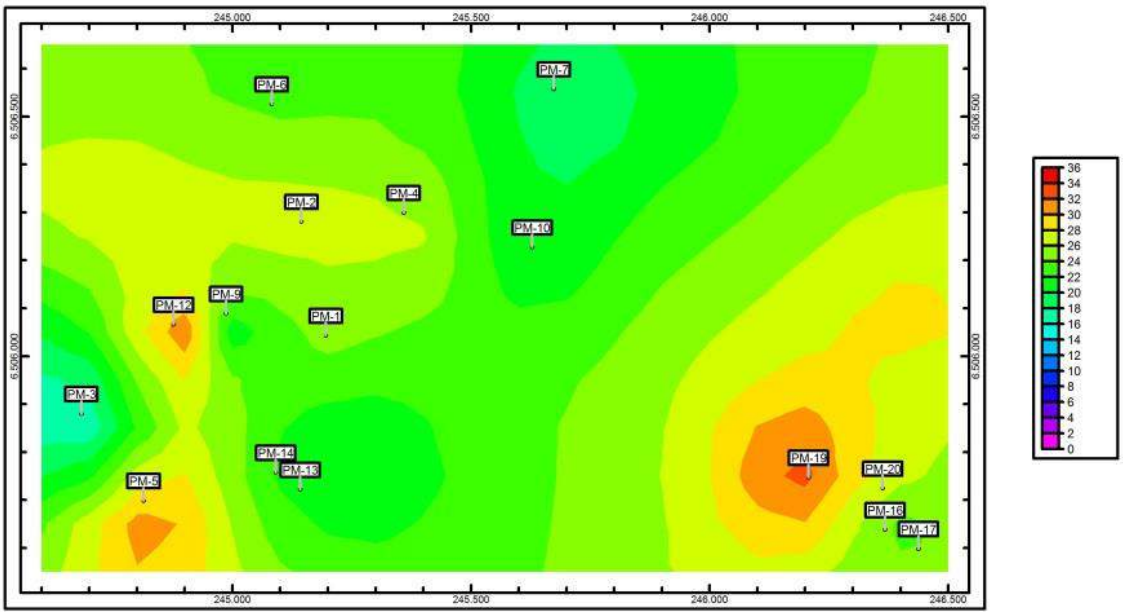
No ano de 2020/2021 (Figura 48), os poços com as piores condições de qualidade da água foram o PM-13, PM-14, PM-17, PM-19 e PM-20 apresentando a maioria dos parâmetros com altos índices. O poço PM-14, por exemplo, apresenta contaminação com chumbo e coliformes fecais em quase todas as campanhas, e fósforo em todas as campanhas. Assim como o constante sinal de alerta, ou extrapolação, dos índices de cromo e níquel, além de muitos outros parâmetros extrapolarem os limites legislativos. De um ponto de vista geral, as maiorias dos poços mantiveram ou melhoraram a sua qualidade em relação aos dados do projeto de 2019/2020, em destaque os poços PM-2, PM-5, PM-9, PM-12 e PM-16 que obtiveram uma significativa melhora. Contudo, o poço PM-3 obteve significativa queda na sua qualidade, principalmente devido às duas últimas campanhas em que extrapolou os limites legislativos de diversos parâmetros.

Figura 48 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2020/2021. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho)



No ano de 2021/2022 (figura 49), os poços com as piores condições de qualidade da água foram o PM-2, PM-5, PM-12, PM-19 e PM-20 apresentando a maioria dos parâmetros com altos índices. As melhores condições de qualidade da água subterrânea foram encontradas nos poços PM-3, PM-7 e PM-13. De um ponto de vista geral, a maioria dos poços manteve ou piorou a sua qualidade em relação aos dados do projeto de 2020/2021. O poço PM-19 obteve significativa queda na sua qualidade, principalmente devido ao grande número de variáveis que extrapolaram os limites legislativos. Em contrapartida, os poços PM-13 e PM-14 obtiveram uma significativa melhora.

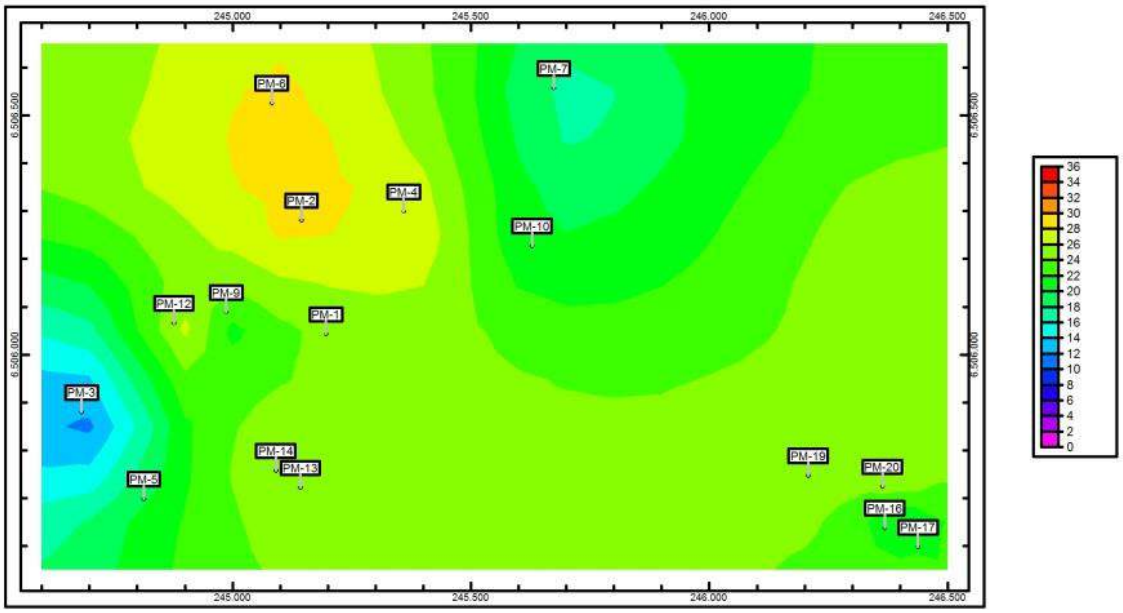
Figura 49 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2021/2022. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho)



No ano de 2022/2023 (figura 50), os poços com as piores condições de qualidade da água foram o PM-2, PM-4, e PM-6 apresentando a maioria dos parâmetros com altos índices. As melhores condições de qualidade da água subterrânea foram encontradas nos poços PM-3 e PM-7. Esses poços mantiveram o seu enquadramento em relação ao ano de 2021/2022. Ao contrário da campanha do ano 2021/2022, o poço PM-19 obteve significativa subida na sua qualidade. Os pontos PM-5 e PM-12 também tiveram uma significante melhora na qualidade em relação ao ano anterior. Em contrapartida, o poço PM-6, que antecede a usina em relação ao fluxo da água subterrânea, obteve uma significativa queda na qualidade. Esse nível de qualidade do ponto PM-6 evidencia que a qualidade das águas subterrâneas possui influências de fatores externos a usina termelétrica.

De uma forma geral, os níveis de qualidade das águas subterrâneas vêm melhorando gradativamente desde o ano de 2018/2019 até o presente estudo.

Figura 50 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2022/2023. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho)



Juntando todos os dados analisados fica evidente que o consumo da água subterrânea no local se manteve numa classificação imprópria para o consumo humano devido o extrapolamento dos limites legislativos para diversas variáveis estudadas.

2.4.24. Resultados e Considerações para a Toxicidade das Águas Subterrâneas

Ensaios de toxicidade qualitativos (que avaliam a ocorrência ou não de toxicidade) para organismos-teste de 3 (três) diferentes níveis tróficos foram realizados com as amostras de águas subterrâneas coletadas nos meses de novembro de 2022, fevereiro, maio e agosto de 2023 nos poços de monitoramento presentes na área da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota, RS. Os métodos de análise utilizados para esta avaliação são apresentados no quadro 48.

.

Quadro 48 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de águas subterrâneas coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS

PARÂMETRO	METODOLOGIA
Toxicidade crônica com o peixe *Pimephales promelas*	ABNT NBR 15499/2022
Toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*	ABNT NBR 13373/2022
Toxicidade crônica com a alga *Raphidocelis subcaptata*	ABNT NBR 12648/2022 ABNT NBR 12648/2023

Os resultados dos ensaios de toxicidade realizados com as amostras de águas subterrâneas coletadas nas campanhas de novembro de 2022 a agosto de 2023 são apresentados no Quadro 49. Buscando uma melhor interpretação da qualidade ambiental da área monitorada, a partir dos resultados qualitativos dos ensaios ecotoxicológicos, foi criado um índice de toxicidade. Para tanto, aos efeitos tóxicos observados nas amostras de águas subterrâneas dos poços de monitoramento foram atribuídos pesos de acordo com o grau de toxicidade observado (Quadro 50). Os pesos atribuídos distribuem-se em uma escala de 0 (zero) a 9 (nove), sendo zero o melhor cenário possível (total ausência de toxicidade), e nove o pior cenário possível (ocorrência de toxicidade aguda para organismos-teste dos três níveis tróficos utilizados). A proposta do índice de toxicidade é considerar os resultados ecotoxicológicos de todo o período de estudo da área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici de forma quantificável permitindo visualizar, em uma mesma escala, as variações ao longo do tempo.

Quadro 49 - Resultados dos ensaios de toxicidade realizados com organismos-testes de três diferentes níveis tróficos quando expostos as amostras de águas subterrâneas coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS, no período de novembro de 2022 a agosto de 2023

Poço de Monitoramento	*Novembro/2022*		
	Peixes	Crustáceos	Algas
PM 1	NE	NE	NE
PM 2	NE	NE	NE
PM 3	NE	NE	**TA**
PM 4	NE	NE	**TA**
PM 5	NE	NE	NE
PM 6	**TA**	NE	NE
PM 7	**TA**	**TA**	NE
PM 9	NE	**TA**	NE
PM 10	NE	NE	NE
PM 12	NE	NE	**TC**
PM 13	NE	NE	NE
PM 14	NE	NE	NE
PM 16	NE	NE	NE
PM 17	NE	NE	NE
PM 19	NE	NE	NE
PM 20	NE	NE	NE

Poço de Monitoramento	*Fevereiro/2023*		
	Peixes	Crustáceos	Algas
PM 1	NE	NE	NE
PM 2	NE	NE	NE
PM 3	NE	NE	NE
PM 4	NE	NE	**TC**
PM 5	NE	NE	NE
PM 6	NE	NE	NE
PM 7	NE	NE	NE
PM 9	NE	NE	**TC**
PM 10	NE	NE	NE
PM 12	NE	NE	**TC**
PM 13	NE	NE	NE
PM 14	NE	NE	NE
PM 16	NE	NE	NE
PM 17	NE	NE	NE
PM 19	NE	NE	**TC**
PM 20	NE	NE	NE

Poço de Monitoramento	*Maio/2023*		
	Peixes	Crustáceos	Algas
PM 1	NE	NE	NE
PM 2	NE	NE	**TC**
PM 3	NE	NE	**TC**
PM 4	NE	NE	**TC**
PM 5	NE	**TC**	**TC**
PM 6	**TA**	NE	NE
PM 7	**TA**	**TC**	NE
PM 9	NE	NE	NE
PM 10	**TA**	**TC**	**TC**
PM 12	NE	NE	**TC**
PM 13	NE	NE	NE
PM 14	**TC**	NE	NE
PM 16	**TC**	NE	**TC**
PM 17	NE	NE	NE
PM 19	**TC**	NE	NE
PM 20	**TC**	NE	**TC**

Poço de Monitoramento	*Agosto/2023*		
	Peixes	Crustáceos	Algas
PM 1	NE	NE	**TC**
PM 2	NE	NE	**TC**
PM 3	NE	NE	**TA**
PM 4	NE	**TC**	**TC**
PM 5	NE	NE	NE
PM 6	NE	NE	NE
PM 7	NE	NE	NE
PM 9	**TC**	**TC**	NE
PM 10	**TA**	**TC**	**TC**
PM 12	NE	NE	**TC**
PM 13	NE	NE	NE
PM 14	NE	NE	NE
PM 16	NE	NE	**TC**
PM 17	NE	NE	NE
PM 19	NE	NE	**TC**
PM 20	**TC**	NE	NE

NE = Nenhum Efeito; TC= Toxicidade Crônica; TA=Toxicidade Aguda

Quadro 50 - Pesos atribuídos aos efeitos ecotoxicológicos para a definição do índice de toxicidade aplicado nas avaliações da toxicidade das amostras de águas subterrâneas

EFEITO OBSERVADO	PESO ATRIBUÍDO
Ocorrência de toxicidade aguda	3 (para cada nível trófico)
Ocorrência de toxicidade crônica	2 (para cada nível trófico)

Assim, a partir da aplicação do índice de toxicidade são apresentados: (a) média do índice de toxicidade observada no período de 2016 a 2023; (b) média do índice de toxicidade em função das estações do ano e, (c) o índice toxicidade comparada para todo o período de estudo, com destaque para as campanhas do último ano do projeto (2022 a 2023).

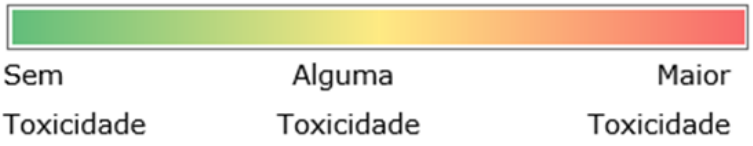
Além de permitir uma visão geral da qualidade de cada estação amostral em relação ao parâmetro toxicidade, o índice de toxicidade foi utilizado para caracterizar os poços de monitoramento nas campanhas realizadas de novembro de 2022 a agosto de 2023.

2.4.25. Índice de Toxicidade

O índice de toxicidade aqui proposto visa quantificar a ocorrência de toxicidade para os dezesseis poços de monitoramento ativos distribuídos na área de estudo, considerando todo o período de estudo (2016 a 2023). A intensidade do índice está relacionada não apenas ao tipo de toxicidade observada na área de estudo (aguda ou crônica), como também a frequência com que a mesma ocorreu durante o período de estudo. As médias do índice de toxicidade obtido no período de 2016 a 2023 para os dezesseis poços de monitoramento (PM) estão apresentadas no Quadro 51. Chamam a atenção, tanto em relação ao valor do índice de toxicidade, como em relação à frequência de ocorrência, os poços de monitoramento PM-4, PM-7 e PM-12, localizados na área da usina, fases B e C. Seguindo esta tendência histórica, no período contemplado neste relatório anual (2022 e 2023) os poços PM-4 e PM-12 mantiveram as mais altas frequências de ocorrência de toxicidade (100% das campanhas), seguidos dos poços PM-3 e PM-19 com 75% de ocorrência.

Quadro 51 - Médias do índice de toxicidade (em uma escala de 0 a 9), e frequência de ocorrência de toxicidade, observado nas amostras de águas subterrâneas coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS

Estação Amostral	Média do Índice de Toxicidade	Frequência de Toxicidade (%) 2016 a 2023	Frequência de Toxicidade (%) 2022 a 2023
PM 1	1,5	57,1	25,0
PM 2	1,5	67,9	50,0
PM 3	2,3	75,0	75,0
PM 4	3,1	89,3	100,0
PM 5	1,2	46,4	25,0
PM 6	1,3	50,0	50,0
PM 7	2,5	75,0	50,0
PM 9	1,1	35,7	75,0
PM 10	1,8	53,6	50,0
PM 12	2,6	89,3	100,0
PM 13	0,7	21,4	0,0
PM 14	1,4	50,0	25,0
PM 16	1,9	71,4	50,0
PM 17	0,9	28,6	0,0
PM 19	1,9	57,1	75,0
PM 20	1,6	64,3	50,0



2.4.26. Média do Índice de Toxicidade por Estação do Ano

O Quadro 52 apresenta (A) a média do índice de toxicidade calculada para as amostras de águas subterrâneas em todo o período de estudo (2016 a 2023) em função das estações do ano, e (B) o índice de toxidade para as campanhas realizadas de novembro

de 2022 a agosto de 2023. Não é possível observar um padrão de distribuição da toxicidade em função das estações do ano. Os resultados observados para os poços PM-4 e PM-12 destacam-se em todas as estações do ano por apresentarem as médias do índice de toxicidade mais elevadas em relação aos demais poços de monitoramento, independentemente da estação do ano. Nas campanhas realizadas de novembro de 2022 a agosto de 2023, os pontos PM-4 e PM-12 mantiveram a tendência histórica, apresentando as toxicidades mais elevadas nos monitoramentos realizados nas quatro estações do ano.

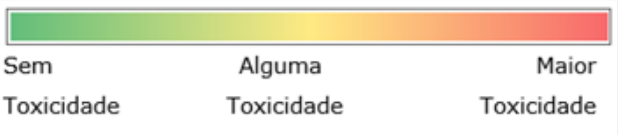
Quadro 52 - Média do índice de toxicidade em função das estações do ano (em uma escala de 0 a 9) observado nas amostras de águas subterrâneas dos 16 Poços de Monitoramento (PM) ativos da área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS, no período de novembro de 2016 a agosto de 2023 (A), e índice de toxicidade calculado para os Poços de Monitoramento nas campanhas realizadas de novembro de 2022 a agosto de 2023 (B)

A

	Primavera	Verão	Outono	Inverno
PM 1	2,6	0,7	1,6	1,1
PM 2	1,9	0,9	1,7	1,6
PM 3	3,1	1,6	2,1	2,1
PM 4	3,4	1,9	3,4	3,9
PM 5	1,0	1,1	2,0	0,6
PM 6	1,7	0,7	1,9	1,0
PM 7	3,1	1,0	3,4	2,6
PM 9	1,4	1,0	1,1	0,9
PM 10	1,7	1,0	2,3	2,1
PM 12	2,7	2,3	2,3	3,3
PM 13	1,3	0,7	0,6	0,3
PM 14	1,9	1,3	1,0	1,4
PM 16	1,9	1,7	2,4	1,4
PM 17	0,9	1,9	0,0	0,7
PM 19	1,9	2,6	2,0	1,0
PM 20	1,9	1,3	1,6	1,9

B

	Primavera	Verão	Outono	Inverno
PM 1	0,0	0,0	0,0	2,0
PM 2	0,0	0,0	2,0	2,0
PM 3	3,0	0,0	2,0	3,0
PM 4	3,0	2,0	2,0	4,0
PM 5	0,0	0,0	4,0	0,0
PM 6	3,0	0,0	3,0	0,0
PM 7	6,0	0,0	5,0	0,0
PM 9	3,0	2,0	0,0	4,0
PM 10	0,0	0,0	7,0	7,0
PM 12	2,0	2,0	2,0	2,0
PM 13	0,0	0,0	0,0	0,0
PM 14	0,0	0,0	2,0	0,0
PM 16	0,0	0,0	4,0	2,0
PM 17	0,0	0,0	0,0	0,0
PM 19	0,0	2,0	2,0	2,0
PM 20	0,0	0,0	4,0	2,0



2.4.27. Índice de Toxicidade do Período de Estudo

O Quadro 53 apresenta o índice de toxicidade observado nos dezesseis poços de monitoramento ativos da área de estudos da Usina Termelétrica Presidente Médici avaliadas ao longo dos últimos sete anos (2016 a 2023), com destaque para as campanhas de novembro de 2022 a agosto de 2023. Ainda no Quadro 53, é apresentado o percentual de amostras com toxicidade, a intensidade (somatório do índice) para cada período de estudo, e a frequência de ocorrência de toxicidade para cada poço de monitoramento.

Tanto ao considerar os últimos sete anos de estudo (2016 a 2023), quanto ao durante o período compreendido neste relatório (novembro de 2022 a agosto de 2023) destaca-se a toxicidade observada nos pontos PM-4 e PM-12. O poço PM-4, por sua localização, pode apresentar influência da termoelétrica ao possuir sua recarga a partir da água das chuvas acumulada na superfície do solo. Já o poço PM-12 localiza-se na área das bacias de decantação do sistema de tratamento do efluente da termoelétrica, desta forma, também sendo influenciado por esta.

Baseado nos percentuais de amostras com toxicidade em cada período avaliado, o período contemplado neste relatório, de 2022 a 2023, não apresentou um incremento de amostras com esta característica (50,0% de amostras com toxicidade) em relação ao período anterior, de 2021 a 2022, (51,6% de amostras com toxicidade). Contudo, houve um leve incremento na intensidade da toxicidade passando de 90 em 2021-2022 para 97 em 2022-2023.

Quadro 53 - Índices de toxicidade (em uma escala de 0 a 9) observado nos 16 Poços de Monitoramento (PM) ativos da área de estudos da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS, no período de novembro/2016 a agosto/2023, com destaque para as campanhas realizadas de novembro/2022 a agosto/2023. Poços ordenados em função das frequências de ocorrência de toxicidade ao longo do período de estudo (2016-2023).

	2016	2017				2018				2019				2020				2021				2022				2023			
	Nov	Jan	Abr	Jul	Nov	Jan	Abr	Jul	Nov	Fev	Abr	Jul	Nov	Fev	Mai	Ago	Nov	Fev	Mai	Ago	Nov	Fev	Mai	Ago	Nov	Fev	Mai	Ago	%
PM 13	3,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	2,0	4,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4
PM 17	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	3,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,6
PM 9	3,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	2,0	0,0	4,0	35,7
PM 5	3,0	3,0	2,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	46,4
PM 6	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	4,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	5,0	2,0	2,0	2,0	0,0	0,0	2,0	3,0	0,0	0,0	2,0	0,0	3,0	0,0	3,0	0,0	50,0
PM 14	3,0	0,0	2,0	0,0	3,0	2,0	0,0	5,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	3,0	2,0	3,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	50,0
PM 10	3,0	3,0	4,0	4,0	5,0	2,0	0,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	5,0	4,0	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	7,0	53,6
PM 1	3,0	3,0	2,0	2,0	5,0	2,0	2,0	2,0	4,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	2,0	2,0	2,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	57,1
PM 19	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	3,0	2,0	5,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	57,1
PM 20	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	4,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	4,0	2,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	4,0	2,0	64,3
PM 2	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	3,0	4,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	3,0	2,0	2,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	2,0	2,0	67,9
PM 16	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0	2,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	0,0	5,0	3,0	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	4,0	2,0	71,4
PM 3	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	5,0	5,0	2,0	2,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	5,0	2,0	5,0	3,0	3,0	0,0	2,0	3,0	75,0
PM 7	0,0	3,0	4,0	2,0	2,0	2,0	5,0	4,0	4,0	0,0	3,0	3,0	5,0	0,0	0,0	5,0	2,0	2,0	5,0	6,0	3,0	2,0	4,0	0,0	6,0	0,0	5,0	0,0	75,0
PM 4	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0	6,0	5,0	5,0	0,0	5,0	5,0	4,0	2,0	2,0	0,0	3,0	0,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	3,0	3,0	2,0	2,0	4,0	89,3
PM 12	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0	2,0	3,0	3,0	0,0	2,0	3,0	3,0	2,0	0,0	2,0	2,0	4,0	2,0	0,0	8,0	2,0	2,0	2,0	2,0	89,3

Total de amostras		64	Total de amostras		64	Total de amostras		64	Total de amostras		64	Total de amostras		64	Total de amostras		64	Total de amostras		64	Total de amostras		64
N°. de amostras com toxicidade		47	N°. de amostras com toxicidade		58	N°. de amostras com toxicidade		37	N°. de amostras com toxicidade		27	N°. de amostras com toxicidade		27	N°. de amostras com toxicidade		33	N°. de amostras com toxicidade		32
% de amostras com toxicidade		73,4	% de amostras com toxicidade		90,6	% de amostras com toxicidade		57,8	% de amostras com toxicidade		42,2	% de amostras com toxicidade		42,2	% de amostras com toxicidade		51,6	% de amostras com toxicidade		50,0
Intensidade		128,0	Intensidade		166,0	Intensidade		113,0	Intensidade		79,0	Intensidade		72,0	Intensidade		90,0	Intensidade		97,0

Sem Toxicidade — Alguma Toxicidade — Maior Toxicidade

2.4.28. Conclusões

Nas campanhas de 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021 foram observadas a necessidade de restauração e preservação de muitos poços da rede de amostragem de água subterrânea, pois a falta de conservação ampliava o risco de contaminação nos poços. Diferentemente, no ano de 2021/2022 foi realizada a restauração dos poços com algum tipo de danificação, assim como trocado as tampas internas por tampas com cadeado de modo a combater alguma violação do poço. Também foram instaladas proteções contra colisões e que facilitam a visualização dos poços, prevenindo assim acidentes com veículos e equipamentos que poderiam trazer severos danos aos poços. Os poços ficaram em excelente estado de preservação, acabando com as possibilidades de contaminação meteórica direta no poço, assim como a eventual entrada de animais (ratos, pássaros, rãs). Essa conservação dos poços se manteve no ano de 2022/2023.

Desde a campanha de 2016, os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos revelam a baixa qualidade da água em um aspecto geral, sendo imprópria para o consumo humano no que rege as legislações do CONAMA e do Ministério da Saúde, como também em diversas legislações internacionais. Assim como nos últimos anos, o ponto PM-3 se manteve como o poço com as melhores condições de qualidade de água, porém ainda apresentam índices impróprios para o consumo humano, lembrando que nesse ano vigente teve uma relativa melhora quando comparado com o ano anterior. Em acompanhamento dos resultados de 2017/2018, os poços com os piores índices de qualidade foram PM-13, PM-17 e PM-19. Em 2018/2019 os poços PM-5 e PM-12 entraram no lugar do PM-17 e PM-19 como as piores condições de qualidade de água subterrânea. Já em 2019/2020 os poços PM-5 e PM-12 se mantiveram com baixas qualidades das águas subterrâneas acrescidos ainda do poço PM-16. Em 2020/2021 os poços PM-14, PM-19 e PM-20 estiveram entre as piores qualidades gerais da água subterrânea. No ano 2021/2022 os poços piores ranqueados em sua qualidade foram os poços PM-5, PM-12 e PM-19. E no ano 2022/2023 os poços com os piores índices de qualidade foram o PM-6 e o PM-2. Os poços PM-5, PM-12 e PM-19 continuam sendo os que possuem a maior frequência entre os piores índices de qualidade das águas subterrâneas desde o início dos estudos. Assim, a qualidade da água subterrânea para os poços de monitoramento, em uma análise geral, identificou o ponto PM-3 com as melhores condições de qualidade de água, e o ponto

PM-19 com o pior desempenho em frente à qualidade. De modo geral, ao analisar os índices de qualidade da água subterrânea desde 2016 nota-se uma relativa melhora na qualidade em relação ao tempo.

A contaminação por coliformes termotolerantes, assim como em anos anteriores, está presente em diversos poços em todas as campanhas amostrais com uma frequência superior a 50% dos poços, principalmente nas áreas do Almoxarifado e Candiota 1, tendo o nível mais elevado no ponto PM-19 apresentando medidas superiores a 2000 NMP·100mL^{-1}. Assim como nos últimos anos de estudo, a contaminação com fenóis totais diminuiu, e assim como no ano de 2021/2022, nenhuma coleta apresentou detecção desse parâmetro no ano de 2022/2023. Alguns pontos apresentaram um valor de condutividade elétrica acima de 500 µS/cm, sendo que os poços PM-2 e PM-12 superaram o valor de 1000 µS/cm. Como já ocorrido em anos anteriores, a cor e a turbidez extrapolaram os seus limites legislativos em quase todos os pontos amostrais em pelo menos alguma das campanhas.

Os óleos e graxas foi um dos parâmetros que mais decaiu na qualidade no ano de 2021/2022 sendo presenciados acima dos limites em diversos poços, sendo que o poço PM-6 obteve um valor de 25,1 mg·L^{-1}; no entanto, no ano de 2022/2023 ocorreu significativa melhora nesse parâmetro. O fósforo total novamente apresentou índices acima dos limites para o consumo humano em alguns pontos amostrais, apontando um índice geral ruim para o parâmetro que tem fortes relações com esgotos domésticos e processos agrícolas, chegando a valores desse contaminante acima dos 8 mg·L^{-1} no poço PM-3.

O oxigênio dissolvido (OD) normalmente apresenta pequenas concentrações de O_2 na água subterrânea. Isso se deve porque a maior parte do oxigênio dissolvido na água, ao infiltrar no solo durante a trajetória da água subterrânea na zona de aeração (zona insaturada da água subterrânea), é utilizada na oxidação da matéria orgânica. O oxigênio dissolvido varia inversamente com a temperatura e a maioria das águas subterrâneas tem concentrações de O_2 entre 0 e 5 mg·L^{-1} (CPRM, 2018). Desse modo, os valores medidos abaixo de 6 mg·L^{-1} O_2 é considerado dentro da normalidade para águas subterrâneas. O oxigênio dissolvido ficou dentro da faixa padrão para águas subterrâneas na maioria dos pontos (0 a 5 mg·L^{-1}). Em alguns poços obteve-se valores acima de 5 mg·L^{-1}, como no caso do ponto PM-7 que teve valores acima em todas as campanhas indicando que o local

possui águas muito mais oxigenadas. O nível de OD do ano de 2022/2023 é similar ao do ano 2021/2022.

Geralmente, as águas subterrâneas possuem valores de DBO é inferior a 5 $mg \cdot L^{-1}$ de O_2, em que valores mais elevados indicam contaminação (CPRM, 2018). Os valores de DQO situam-se comumente na faixa de 1 a 5 $mg \cdot L^{-1}$ de O_2 para águas subterrâneas, e valores acima de 10 $mg \cdot L^{-1}$ podem ser um indício de contaminação (CPRM, 2018). Os valores encontrados para DQO foram bastante altos em alguns pontos como nos poços PM-2, PM-7 e PM-12 com valores acima de 100 $mg \cdot L^{-1}$, e seus índices de percentual biodegradável são bastante baixos, sugerindo uma contaminação de origem industrial. Apesar do registro de números mais elevados de DQO, esses valores não se mantem constantes ao longo das campanhas, nem define um padrão. Analisando os resultados de DBO e DQO foi constatado que os maiores percentuais biodegradáveis foram encontrados durante a primeira campanha amostral (primavera). Em uma análise geral, os índices de pH estavam na maioria das vezes dentro dos limites da legislação brasileira estabelecidos para o consumo humano, assim como também estavam dentro do padrão geral para águas subterrâneas.

As variáveis de metais totais que apresentaram em suas medidas valores acima do limite para alguns poços foram alumínio, cobre, cromo, ferro, manganês e níquel. E os valores das variáveis de metais dissolvidos que ultrapassaram os limites foram: alumínio, cromo, ferro, manganês e níquel. Os mapas exibindo as relações dos metais totais e dissolvidos de Al, Fe e Mn, não apresentam uma regularidade específica ou tendência geral para os poços de monitoramento em relação ao tempo. Os metais dissolvidos de Al, Fe e Mn são esporadicamente um problema em alguns poços em que atingem medidas muito elevadas em relação aos limites estabelecidos pela legislação, contudo não possuem um carácter tóxico, mas sim estético (ANZECC, 2010). A presença do chumbo diminuiu bastante em relação às últimas campanhas sendo detectado apenas uma vez na área do Candiota 1 e ainda abaixo dos limites legislativos. Apesar da frequência do níquel ter diminuído bastante em relação ao ano de 2020/2021, os valores obtiveram picos de contração maiores no ano de 2021/2022, seguindo a aumentar no ano de 2022/2023. O poço PM-10 e PM-13 tiveram os piores índices tanto para níquel total como dissolvido, e devido à toxicidade do metal também deve ser observado com atenção. O cromo total, o cromo dissolvido e o cobre total também apresentaram índices altos no poço PM-13

que fica na área de influência do almoxarifado, e assim como o níquel devem ter atenção devido as suas toxicidades.

Em relação aos resultados de ecotoxicologia, as condições gerais da maioria dos poços apresentaram um aumento relativo na toxicidade detectada a partir da campanha 2021/2022 em vários poços de monitoramento e que de forma geral se manteve no ano de 2022/2023. Isso vai contra do que vinha acontecendo desde 2017/2018 em que estava diminuindo a porcentagem de amostras apresentando toxicidade. Essa elevação nos índices de toxicidade ocorre desde a campanha amostral de maio de 2021, porém ainda menores que os índices de 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019. Apesar do ponto PM-3 apresentar relativamente o melhor índice de qualidade da água para os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, ele obteve presença de algum nível de toxicidade em todas as campanhas de 2021/2022 e quase em todos no ano de 2022/2023, tendo 75% de presença de algum nível de toxicidade desde o ano de 2016. Ainda sim, a pior taxa ecotoxicológica, de modo geral, foi observada nos poços PM-4 e PM-12. Sendo que o poço PM-12 também está entre os piores no índice de qualidade da água subterrânea ao longo dos anos de estudo no local.

A continuidade dos estudos e do monitoramento das águas subterrâneas é de grande importância para a região devido ao alto potencial de contaminação das águas relativo às atividades realizadas em seu entorno e aos diversos usos da bacia hidrográfica. Além disso, a proteção e conhecimento da água é um bem de grande importância para o consumo humano e suas diversas utilizações para as gerações presentes e futuras.

Assim como sugerido em outros anos é interessante incluir as análises de Nitrogênio Total nas próximas campanhas de monitoramento, a fim de possibilitar o cálculo de índices de qualidade da água melhores.

2.4.29. Referências Bibliográficas

ABNT NBR 12648:2018, Toxicidade crônica - Método de ensaio com algas (Chlorophyceae). Ensaio de Crescimento Algáceio com *Pseudokirchneriella subcaptata* (*Selenastrum capricornutum*) ou *Scenedesmus subspicatus.*

ABNT NBR 12713:2016, Toxicidade aguda - Método de ensaio com Daphnia spp (Crustacea, Cladocera).

ABNT NBR 13373:2022, Toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea, Cladocera).

ABNT NBR 15088:2011, Toxicidade aguda - Método de ensaio com peixes.

ABNT NBR 15470:2021, Toxicidade aguda e crônica — Método de ensaio com Hyalella spp (Amphipoda) em sedimentos.

ABNT NBR 15499:2022, Toxicidade crônica de curta duração - Método de ensaio com peixes. Ensaios de Toxicidade Crônica com *Pimephales promelas.*

ABNT, 2021. NBR 15470, Toxicidade aguda e crônica — Método de ensaio com Hyalella spp (Amphipoda) em sedimentos.

ABNT, 2022 NBR 13373, Toxicidade crônica - Método de ensaio com Ceriodaphnia spp (Crustacea, Cladocera).

ABNT, 2022. NBR 15499, Toxicidade crônica de curta duração - Método de ensaio com peixes. Ensaios de Toxicidade Crônica com Pimephales promelas.

ABNT, 2023 NBR 12648, Toxicidade crônica - Método de ensaio com algas (Chlorophyceae). Ensaio de Crescimento Algáceio com Pseudokirchneriella subcaptata (Selenastrum capricornutum) ou Scenedesmus subspicatus.

Allen S.K., Allen J.M., Lucas S. 1996. Concentration of contaminants in surface water samples collected in westcentral Indiana impacted by acid mine drainage. Environ. Geol., 27:34-37.

ANZECC - AUSTRALIAN AND NEW ZEALAND ENVIRONMENT AND CONSERVATION COUNCIL. Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters, National Water Quality Management Strategy. ANZECC, Canberra, 2000.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17th ed. APHA, Washington, 1997.

APHA, AWWA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater, 18 th edition. Washington DC.: American Public Health Association, 1992.

Banks D., Younger P.L., Arnesen R., Iversen E.R., Banks S. 1997. Mine-water chemistry: the good, the bad and the ugly. Environ. Geol., 32:157-174.

Brackish Waters as a Factor in Development (edited by A. Issar), pp. 15-24. Desert Research Inst., Ben

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 357, de 23 de Janeiro 2005. Disponível em:<www.mma.gov.br/port/conama>.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 396, de 3 de Abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

BRASIL. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância Sanitária. 2004. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004. Disponível em http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/ pdf/portaria_518_2004.pdf. Acessado em 26 set 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 1469, de 29 de Dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 518, de 25 de Março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2008. Resolução n. 396, de 03 de abril de 2008. Disponível em http://www.mma.gov.br/ port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562. Acessado em 18 jun 2008.

CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001a, Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index 1.0, user's manual. *In*: Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999, Winnipeg.

CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001b, Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index 1.0, technical report. *In*: Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999, Winnipeg.

CEE - Comunidade Econômica Européia. Norma 80/778/CEE. 1980. Disponível em <http://eurlex.europa.eu/pt/index.htm>.

CETESB, 2001. Relatório de estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo – SP, 246 pp.

CETESB, 2007. Procedimento para estabelecer e utilizar os valores orientadores para solo e água subterrânea. São Paulo-SP.

CETESB, 2016. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. São Paulo-SP. Disponível em < https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Apêndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitário-das-Variáveis-de-Qualidade-2016.pdf >.

Chow V.T. 1964. Handbook of applied hydrology. New York, McGraw-Hill, 1400p.

Chow, Ven Te (1964) 'Runoff' Section 14. In: Handbook of Applied Hydrology (edited by V. T. Chow).McGraw Hill Co.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Projeto Grande Candiota Bloco Sul de Candiota, Arroio dos Vimes: relatório final de pesquisa, áreas RS-15, RS-16, RS-17, RS-18, RS-19, RS-20, RS-21, RS-22, RS-23, RS-24 e RS-25. Porto Alegre: CPRM, 1987. 2 v.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO (CRM) 2008. Carvão, Jazida de Candiota. Disponível em http://www.crm.gov.br/hypervisual/carvao/carvao_candiota.php?secao=carvao. Acessado em 25 out 2008.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Diário Oficial da União – Portaria 357/2005.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Diário Oficial da União – Portaria 247/2000.

Cosmochim. Acta, 38, 1117-1131.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2018. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. 3ª edição – Revisada e Ampliada, 812p.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Carta geológica do Brasil ao milionésimo: sistema de informações geográficas - SIG = Geological map of Brasil 1:1.000.000 scale : geographic information system - GIS 2004 edition: folha SH.22 Porto Alegre. Brasília: CPRM, 2004. CD 40/41. 41 CD-ROM. Programa Geologia do Brasil. ISBN 85-7499-009-4.

Craig, H. (1961) Isotopic variations in meteoric waters. Science, 33, 1702-1703.

Daemon R.F. & Marques-Toigo M. 1991. An integrated biostratigraphic column for the Paraná Basin, Brazil. In: International Congress of Carboniferous-Permian Stratigraphy and Geology,12, Buenos Aires, Resumos, p.25.

Dethier, David P. (1979) Atmospheric contributions to stream water chemistry in the North Cascade

Deutsch W.J. 1997. Groundwater Geochemistry: fundamentals and applications to contamination. New York, Lewis, 221p.

Dincer, T., Al-Mughrin & Zimmerman, U. (1974) Study of the infiltration and recharge through the sand dunes in arid zones with special reference to the stable isotopes and thermonuclear tritium. J. Hydrol.23, 79-109.

Dohare, D., Deshpande, S., Kotiya, A. (2014). Analysis of ground water quality parameters: a review. Research Journal of Engineering Sciences, vol. 3(5), 26-31.

Eriksson, E. & Khunakassem, V. (1969) Chloride concentration in groundwater, recharge rate and rate of deposition of chloride in the Israel Coastal Plain. J. Hydrol. 7, 178-197.

Eriksson, G. & Khunakasem, V. (1968) The chemistry of groundwaters. In: Groundwater Problems (edited by G. Eriksson, Y. Gustafsson and T. Nilsson), pp. 89-121. Pergamon Press, Oxford.

ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

Eugster, H.P. & Hardie, L.A. (1978) 'Saline Lakes'. In: Lakes: Chemistry, Geology. Physics (edited by A. Lerman), pp. 237-294. Springer Verlag, Berlin.

FAO/UNESCO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Irrigation, drainage and salinity: an international source book. London, Hutchinson/FAO/UNESCO, 1973. 510p.

Fernandes L.F.D., Tommasi A., Porcher C.C., Menegat R., Koester E. 1993. Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu: caracterização e importância na compartimentação tectônica do Cinturão Dom Feliciano. Rev. Bras. Geoc., 23:1-10.

Fiedler H. & Solari J. 1988. Caracterização do impacto ambiental da mina de Candiota sobre as águas superficiais da região. In: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios de Hidrometalurgia, São Paulo, Anais, 13:483-498.

Fiedler H.D. 1987. Caracterização do carvão em Candiota e implicações ambientais do seu processamento. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 156p.

Fiorucci, A.R., Benedetti Filho, E., 2005. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. Química e Sociedade.

Garrels R.M. & Thompson M.E. 1960. Oxidation of pyrite by iron sulfate solutions. Am. J. Sci., 259:57-67.

Garrels, R.M. & Mackenzie, F.T. (1967) Origin of the chemical compositions of some springs and lakes.In: Equilibrium Concepts in Natural Waters Systems, pp. 222 242. ACS.

Garrels, R.M. (1976) A survey of low temperature water-mineral relations. In: Interpretation of Environmental

Gat, J.R. & Issar, A. (1974) Desert isotope hydrology: water sources of the Sinai Desert. Geochim.

Gat, J.R. & Naor, H. (1979) The relationship between salinity and the recharge/discharge mechanism in arid lowlands. In: The Hydrology of Areas of Low Precipitation (Proceedings of the Canberra Symposium, December 1979), 307-312. IAHS Publ. No. 128.

Gat, J.R. & Tzur, Y. (1967) Modification of the isotope composition of rainwater by processes which occur before groundwater recharge. In: Isotopes in Hydrology, pp. 49-60. IAEA, Vienna.

Gat, J.R. (1975) Elucidating salination mechanisms by stable isotope tracing of water sources. In:

Gat, J.R. (1977) The water potential of the arid zone. Ann. N. Y. Acad. Sci. 300, 33-39.

Gibbs, H.J. (1970) Mechanism controlling world water chemistry. Science, 70, 1088-1090.

Goldschmidt, M.J. & Jacobs, M. (1958) Precipitation over and replenishment of the Yarkon and Nahal-Hataninim Underground Catchments. Hydrol. Paper No. 3, Hydrological Service, Jerusalem.

Goni J.C., Goso H., Issler R.S. 1962. Estratigrafia e Geologia econômica do Pré-cambriano e Eo-paleozóico uruguaio e sul-riograndense. Boletim da Escola de Geologia, UFRGS, 3:1-105.

Graf, D.L., Friedman, I. & Meents, W.F. (1965) The origin of saline formation waters. II. Isotopic fractionation by shale micropore systems. Illinois Geol. Surv. Circ. 393, 1-32.

Gurion University of the Negev, Beersheva.

Hellwig, D.R. (1973) Evaporation of water from sand. The loss of water into the atmosphere from a sandy river bed under arid conditions. /. Hydrol. 18, 305-316.

Hellwig, D.R. (1974) Evaporation of water from sand. 5. The effect of evaporation on the concentration of salts dissolved in water stored in sand. J. Hydrol. 21, 101-110.

Holz M. 1999. Early Permian sequence stratigraphy and the palaeophysiographic evolution of the Paraná Basin in southernmost Brazil. J. African Earth Sci., 29:51-61. Holz M., Kalkreuth W., Banerjee I. 2002. Sequence stratigraphy of paralic coal-bearing strata: an overview. Int. J. Coal Geol., 48:147-179.

Hvorslev M. 1951. Time leg and soil permeability in groundwater observations. Bull. U. S. Army Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, 36:50.

Inmet, Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas

Isotope and Hydrochemical Data in Groundwater Hydrology. IAEA, Vienna, 65-84. Surface and subsurface water relationship 267

Junge, Ch. (1963) Air chemistry and Radioactivity. Academic Press, N.Y.

Ketzer J.M., Holz M., Morad S., Al-Aasm S. 2003. Sequence stratigraphic distribution alterations in coal-bearing, paralic sandstones: evidence from the Rio Bonito Formation (early Permian), southern Brazil. Sedimentology, 50:855-877.

Kheonevromme, I. & Garner, L.R. (1979) Dissolved iron: an indicator of the groundwater componente of small streams tracing a granite terrain, Southern Carolina. Wat. Resour. Res. 15, 15-20.

Kim J.Y. & Chon H.T. 2001. Pollution of a water course impacted by acid mine drainage in the Imgok creek of the Gangreung coal field, Korea. Appl. Geochem., 16:1387- 1396.

KPDES – KENTUCKY POLLUTANT DISCHARGE ELIMINATION SYSTEM. Conductivity and Water Quality. http://kywater.org/ww/ramp/rmcond.htm

LEVIN, M., GAT, J.R. & ISSAR, A. (1980) Precipitation, floods and groundwaters of the Negev Highland:an isotopic study of desert hydrology. In: Isotopic Methods in Arid Zone Hydrology. IAEA, Vienna.In press.

LÔNDERO, Eliana et al. ANÁLISE DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DAS ÁGUAS DOS RIOS BUGRES E PARAGUAI. Engenharia de Alimentos – Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Disponivel em: Acesso em : 24 de agosto de 2015.

Machado J.F.L. 1985. Mineração de carvão: contaminação e vulnerabilidade dos mananciais. In: Simpósio Sul-brasileiro de Geologia, 2, Florianópolis, Boletim de Resumos Expandidos, 1:539-553.

Machado J.L.F., Peruffo N., Luna J.E.S. 1984. Projeto de Estudo da Vulnerabilidade à Contaminação dos Mananciais Subterrâneos Decorrente da Extração do Carvão Mineral. Relatório Final, Porto Alegre, CPRM, 301p.

MACHADO, José Luiz Flores; FREITAS, Marcos Alexandre de. Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final. Porto Alegre: CPRM, 2005. 1 CD-ROM Escala 1:750.000.

MAGARITZ, M. & AMIEL, A.J. (1980) Calcium carbonate in a calcareous soil from the Jordan Valley, Israel:its origin as revealed by the stable isotope method. Soil Soc. Am. J. (in press.) Pearson, F.J. & Swarzenski, W.T. (1974) 14C evidence for the origin of arid region groundwaters,Northeastern Province Kenya. Isotope Techniques in Groundwater Hydrology, II, 95-108, IAEA,Vienna.

Martins A.F. & Zanella R. 1987. Análise de águas de superfície e de profundidade da região de Candiota, RS: determinação da concentração de elementos traços de relevância ambiental, elementos menores e macroelementos. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, 1, Porto Alegre, Anais, 2:217-223.

MATHESS, G., 1982. The properties of groundwater. New York: John Wiley & Sons, 406p.

MENEZES Fº, N. R. Projeto Grande Candiota – Áreas de Hulha Negra, Tupi Silveira e Pedras Altas: sul de Candiota. Porto Alegre: CPRM, 1982. 1 mapa 60 x 60 m, escala 1:50.000.

MENEZES J.R.C. 1994. Estratigrafia de seqüências em dados de sondagem: aplicação ao permiano da Bacia do Paraná na região de Candiota (RS). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 124 p.MILANI, E.J. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. 1997. 2 V. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

Menezes, J.M., Prado, R.B., Silva Jr., G.C., Santos, R.T. Índice de Qualidade de Água Subterrânea. https://www.iwra.org/member/congress/resource/PAP00-5061.pdf

Menezes, J.M., Silva Junior, G.C., Prado, R.B., 2013. Índice de Qualidade de Água (WQICCME) Aplicado à Avaliação de Aquíferos do Estado do Rio de Janeiro. Águas Subterrâneas 27(2):79-92.

METCALF & EDDY. Wastewater Engineering - Treatment, Disposal, Reuse, 3rd Edition. McGrawHill, 1991.

Migliavacca D.M. 2001. Estudo da precipitação atmosférica na região de Candiota, RS. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 131p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE PORTARIA N.º 1469, DE 29 DE DEZEMBRO DE 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

MOREIRA-NODERMANN, L.M., 1987. A Geoquímica e o meio ambiente. Geochimica Brasiliensis, v.1, n.1, p.89-107.

NHMRC – National Health and Medical Research Council. Australian Government. Australian Drinking Water Guidelines 6, 2011, version 3.4 updated October 2017. Disponível em < https://www.nhmrc.gov.au/sites/default/files/documents/NHMRC%20ADWG%206%20-%20Version%203.5%20-%20Proof%203.pdf >.

Paktunc D. 1999. Mineralogical constraints on the determination of neutralization potential and prediction of acid mine drainage. Environ. Geol., 39:103-112.

Pinder, G.F. & Jones, J.F. (1969) Determination of the groundwater component of peak discharge from the chemistry of total runoff. Wat. Resour. Res. 5, 438-445.

Range, Washington. Wat. Resour. Res. 15, 787-794.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

RESOLUÇÃO CONAMA no 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68.

Salomons, W. & Mook, W.G. (1976) Isotope geochemistry of carbonate dissolution and precipitation in soils. Soil Sci. 122,15-24.

Schmorak, S. & Mercado, A. (1969) Wat. Resour. Res. 5, 1290-1311.

Schôeller, H. (1959) Arid zone hydrology: recent developments. UNESCO Series on Arid Zone Research, No. 12, Paris.

SILVEIRA, M. C. de M. Aspectos hidrogeológicos e hidrogeoquímicos do Aqüífero Rio Bonito na Região de Candiota - RS. / - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2007. [100 f]. il. Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia.

Skibilzke, H., Brown, R.H. & Harshbarger, J. (1963) Water and its use. In: Aridity and Man. Publ. 74, AAAS, 145-171.

Sklash, M.G., Farvolden, R.N. & Fritz, P. (1976) A conceptional model of watershed response to rainfall, developed through the use of oxygen-18 as a natural tracer. Can. J. Earth Sci. 13, 271-283.

Slatyer, R.O. & Mabbutt, J.A. (1964) Hydrology of arid and semi-arid regions. In: Handbook of Applied Hydrology (edited by V. T. Chow), pp. 24.1-24.46, McGraw Hill Co.

Streck C.D. 2001. Estudo da qualidade das águas superficiais e estimativa dos fluxos de elementos-traço na região de Candiota, RS. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 159p.SURFER 2002. SURFER 8.0: Contouring and 3D surfasse mapping for scientists and engineers. New York, Golden Software Inc. 640p.

Stumm, W. & Morgan, J.T. (1970) The acquisition of solutes. Chapter 8.2. In: Aquatic Chemistry,Wi ley-1 nterscience.

Sugawara, K. (1967) Migration of elements through phases of the hydrosphere and atmosphere. In:Chemistry of the Earth's Crust, vol. 2 (edited by A. P. Vinogradov), pp. 501-510. Israel Program for Scientific Translations.

TESSARI, R. I.; GIFFONI, L. E. Geologia da Região Piratini Pinheiro Machado Bagé ,Rio Grande do Sul. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, n. 246, p.103-122, 1970.

USEPA – U.S. Environmental Protection Agency, 2023. Ground Water - What are the trends in the extent and condition of ground water and their effects on human health and the environment? Material acessado em 09 de dezembro de 2023 através do endereço eletrônico https://www.epa.gov/report-environment/ground-water

USEPA – U.S. Environmental Protection Agency. National Primary Drinking Water Standards. 2009. Disponível em: <www.epa.gov/safewater>. Acesso em: 29 jul. 2009.

Verhagen, B.T., Mazor, E. & Sellschop, J. (1974) Radiocarbon and tritium evidence for direct rain recharge to groundwaters in the northern Kalahari. Nature, 249, 643-644.

White, D. (1965) Saline waters of sedimentary rocks in fluids in subsurface environments (edited by M. R. Galley and A. Young). Mem. Am. Ass. Petrol. 4, 342-366.

WHO - World Health Organization. Guidelines for drinking - water quality. 3º ed. Geneva: WHO, 2006. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health >. Acesso em: 12 jan. 2007.

Williams E.G., Rose A.W., Parizek R.R., Waters S.A. 1982. Factors controlling the generation of acid mine drainage. Final Report on United States Bureau of Mines Research Grant N. G5105086, Pennsylvania, University Park, 265p.

Wolery T.J. & Daveler S.A. 1992. EQ3/6, A Computer Program for Reaction Path Modeling of Aqueous Geochemical Systems: Theoretical Manual, User's Guide, and Related Documentation (Version 7.0). Livermore, University of California, 246p.

Yaalon, D. (1964) Downward movement and distribution of anions in soil profiles with limited wetting:In Proc. 11th Easter School in Agricultural Sciences, Nottingham University, pp. 157-164.

Zalan P.V., Wolff S., Astolfi M.A.M., Santos V.I., Conceição J.C.J., Appi V.T., Neto E.V.S., Cerqueira J.R., Marques A. 1990. The Paraná Basin, Brazil. In: Leighton M.W., Kolata D.R., Oltz D.F., Eidel J.J. (eds.) Interior cratonic basins. Tulsa, AAPG Memoir, 51:681-708.

2.5. SEDIMENTOS

Responsável técnico: Nelson Augusto Flores Machado - CREA Nº 48595.

Este é o relato técnico final, do período, ano amostral 2022-2023; primavera de 2022 (BE), o verão (BF), o outono (BG) e o inverno (BH) de 2023.

Apresentam-se os resultados do programa de monitoramento ambiental, desenvolvido e executado, no período citado, em especial a qualidade dos sedimentos.

A área de estudo é reconhecida como de influência das atividades da Usina Termelétrica Presidente Médici, situada na Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, no município de Candiota, Rio Grande do Sul, uma usina termelétrica a combustão de carvão mineral.

A contaminação por sedimentos é um problema ambiental generalizado que ameaça os ecossistemas, em especial os ecossistemas aquáticos, em todo o mundo.

Uma vez liberados nas águas superficiais, muitos compostos tóxicos e persistentes contaminantes são adsorvidos pelos sedimentos e podem ser incorporados em teias alimentares dos ambientes aquáticos.

Buscou-se determinar se existem, altas concentrações, de algum dos elementos químicos, que participam da composição química do carvão mineral, nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, e que possam ser considerados tóxicos para o ambiente aquático.

O escopo deste estudo foi a vigilância ambiental, o monitoramento ambiental, e teve como abordagem a caracterização física, química e ecotoxicológica de oito locais da calha fluvial do Arroio Candiota, RS, locais considerados de influência da atividade de geração de energia elétrica através da combustão de carvão mineral, a atividade de termeletricidade.

Os metais estão entre os contaminantes mais nocivos nos ecossistemas devido à sua persistência, bioacumulação e elevada toxicidade, estes são o objetivo deste estudo, analisar as suas concentrações nos sedimentos, superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota.

Buscou-se em especial, o registro desta atividade junto aos sedimentos fluviais, superficiais de fundo da calha fluvial, do Arroio Candiota e de alguns de seus tributários, através do estudo da presença expresso na forma de concentrações, dos metais aqui estudados e relacionados ao carvão mineral, e a sua combustão, foram eles Alumínio,

Arsênio, Cadmio, Cromo, Cobre, Chumbo, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel, e Zinco, os metaloides para efeito deste relato são considerados metais.

2.5.1. Considerações Iniciais

A poluição ambiental expôs os seres humanos a vários contaminantes, como pesticidas, metais pesados e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, e muitas outras substâncias químicas.

Ao contrário da maioria dos poluentes orgânicos, os metais, principalmente os pesados, não são removidos dos ecossistemas por processos naturais. Tendem a se acumular em ambientes bióticos e abióticos, podendo atingir níveis de concentração que passam a serem considerados como tóxicos.

A introdução de metais no meio ambiente pode resultar de eventos naturais como, erosão e movimentações do solo, incêndios florestais ou atividades antrópicas, incluindo operações de mineração, efluentes industriais e domésticos e as aplicações de fertilizantes, herbicidas e inseticidas.

Vários metais são considerados essenciais para a saúde humana.

Eles são constituintes importantes de várias enzimas, e desempenham um papel crucial em várias reações bioquímicas. Portanto um fornecimento insuficiente destes elementos leva a diversas síndromes de deficiência. No entanto, esses micronutrientes podem se tornar tóxicos a partir de um conteúdo limite.

Enquanto outros elementos não são benéficos para a saúde e podem ser altamente tóxicos mesmo em níveis muito baixos. É o caso do chumbo, do cádmio e do mercúrio que estão na lista dos 10 produtos químicos de grande preocupação pública, isto deve-se à alta solubilidade em água, toxicidade e carcinogênese. A exposição aguda e crônica a esses elementos pode vir a afetar a saúde humana e poderão causar doenças que levam à morte.

Os metais são onipresentes e geralmente persistem no meio, permitindo-lhes biomagnificar na cadeia alimentar.

Os sistemas vivos interagem com mais frequência com um “mix” de metais no meio. A exposição de metais a sistemas biológicos pode levar ao estresse de oxidação que pode induzir danos ao DNA, modificação de proteínas, peroxidação lipídica e outros.

2.5.2. Áreas de estudos e amostragem

As estações de amostragens foram estrategicamente posicionadas a partir da verdade terrestre dos usos da bacia hidrográfica.

O centro geográfico do estudo é a Usina termelétrica Presidente Médici, e a área estudada é dita "área de influência da atividade de geração de energia termelétrica" a partir da combustão do carvão mineral.

Sendo a bacia hidrográfica do arroio Candiota, uma bacia multiusos, representadas pelas pressões econômicas da atividade mineira, do carvão mineral e do calcário; da atividade industrial do fabrico de cimento, são duas plantas industriais; da intensa atividade agrícola, do cultivo do arroz e de soja, e do cultivo de frutíferas; além de intensa criação de gado; da ocupação urbana; e de estradas vicinais e federal que cruzam a área para transporte de pessoas e de insumos.

O quadro 54 descreve as estações amostrais vinculadas a um uso específico, principal, e isto deve ser considerado com cautela, uma vez que os efluentes difusos dos vários usos, estão presentes por toda a área.

O fato de vincular a estação a um uso, não significa que fontes difusas não estejam contribuindo de maneira significativa ao estado ambiental constatado na campanha amostral, para uma determinada estação amostral.

O que se pode afirmar com certeza é que as estações amostrais 6 e 8, podem sim ser vinculadas como resultante de um só uso. Mineração de carvão mineral, a dinâmica da frente mineira, e o lançamento do efluente líquido, já tratado, da termelétrica, respectivamente.

As outras estações amostrais apresentam o multiuso como características devido a quantidade de fontes difusas existentes em seus entornos, além disso é necessário registrar que desde a fundação da Usina Termelétrica Presidente Médici sobre o controle do estado do Rio Grande do Sul, à época, responsabilidade da Companhia estadual de Energia Elétrica-CEEE, foram gerados muitos passivos ambientais na região representados por depósitos de cinzas e bota fora da mina de carvão mineral, hoje a maioria deles cobertos por plantações de eucaliptos.

Cita-se, como exemplo, a estação amostral 5, que, em tese, não está afetada pela mineração, mas a textura de seus sedimentos em praia fluvial apresenta fragmentos de carvão mineral em mistura gerada pela dinâmica fluvial daquele tributário do Candiota,

o material sedimentar foi trabalhado pela dinâmica fluvial mostrando fragmentos de carvão arredondados, em vários tamanhos de grãos.

No quadro 54 estão representados, juntamente com as estações amostrais, os principais usos, nos dias atuais. No entanto, muitas são as fontes difusas que contribuem com o estado ambiental mapeado, e, portanto, há que se ter cautela em determinar responsabilidades por este ou aquele uso, se por um lado os padrões mais restritivos para caracterizar a contaminação ambiental devem ser usados, por outro, a cautela foi a tônica em analisar os resultados.

A estação amostral 1, foi escolhida como o local de referência, por seu posicionamento geográfico estar a montante da térmica, mas não é um “ponto branco”, já que não existe tal situação, que atenda às exigências para ser assim considerado, nesta bacia. A estação amostral 1 representa uma “situação de referência”, ou um “local de referência”, uma vez que não se tem uma situação pré-industrial.

Além disso as estações amostrais 6, 8 e 7, que representam, o avanço da frente mineira de carvão mineral, o arremesso do efluente líquido da térmica, e por fim o local mais a jusante da bacia, respectivamente, foram usadas para comparações.

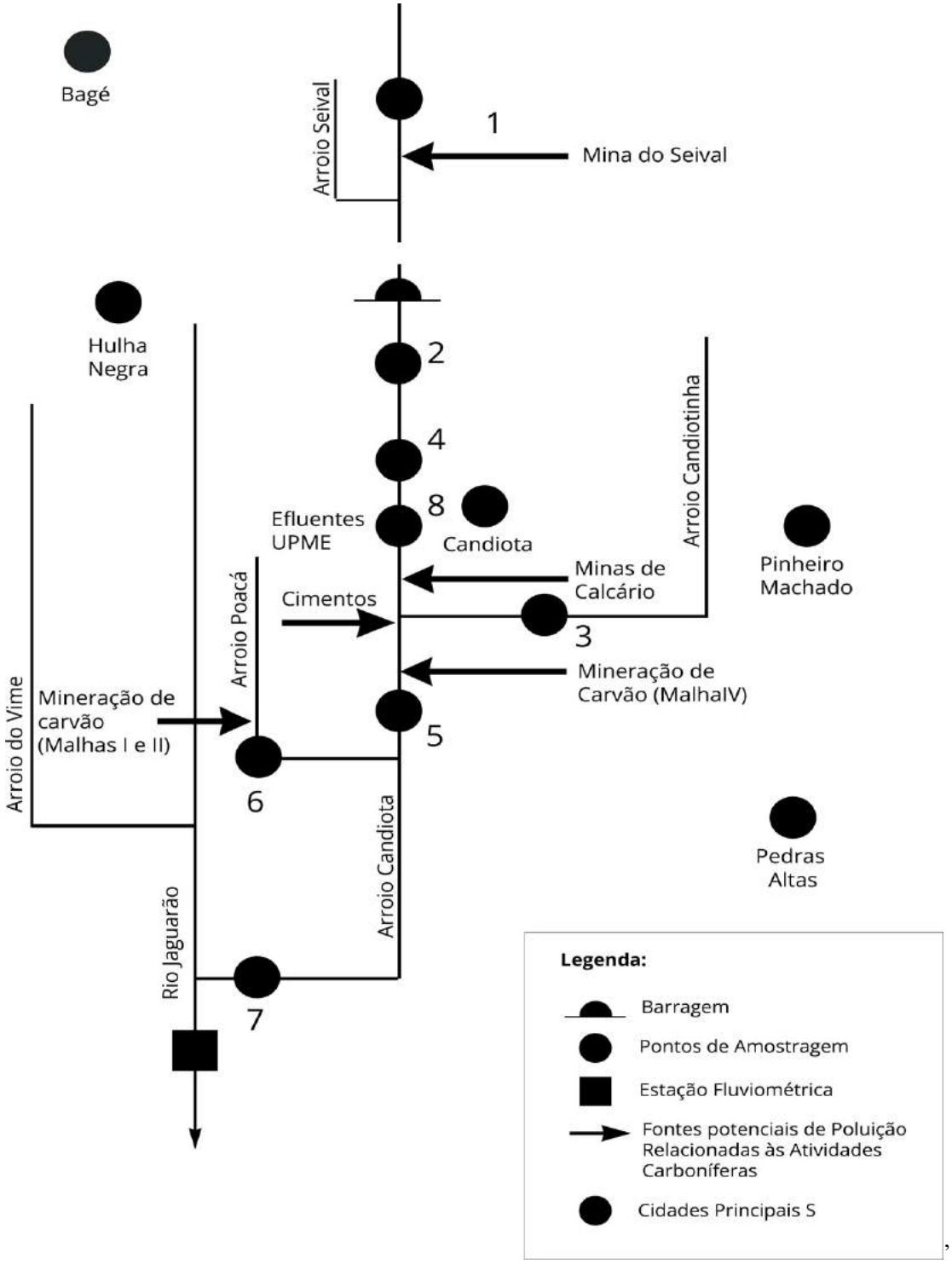
Na Figura 51 é apresentado um diagrama unifilar, sem escala para localizar os usos pontuais que estão presentes na bacia, evidentemente que os usos difusos estão por toda a área.

Quadro 54 - Localização, coordenadas UTM dos locais de amostragens

Estação Amostral	Curso d´água	Descrição das Estações Amostrais
P 1	Arroio Candiota	Estação à montante da BR 293, visando ser a estação amostral de referência Coordenadas UTM 22J 6518528 / 243952
P 2	Arroio Candiota	Estação à jusante da Barragem I, visando avaliar todas as atividades desenvolvidas à montante da contribuição dos efluentes hídricos da Usina, visando ser a estação amostral de referência Coordenadas UTM 22J 6506688 / 246690
P 3	Arroio Candiotinha	Estação à montante do deságüe no Arroio Candiota, visando avaliar as atividades das indústrias cimenteiras no corpo receptor Coordenadas UTM 22J 6500592 / 250676
P 4	Arroio Candiota	Estação à jusante do deságüe dos efluentes da Usina e à montante do deságüe Arroio Candiotinha, visando avaliar as atividades da Usina no corpo receptor Coordenadas UTM 22J 6503415 / 246365
P 5	Arroio Candiota	Estação à jusante do deságüe Arroio Candiotinha, visando avaliar as atividades da Usina no corpo receptor Coordenadas UTM 22J 6495108 / 240637
P 6	Arroio Poacá	Estação após contribuição da Sanga da Carvoeira, visando avaliar as atividades de mineração de carvão no corpo receptor Coordenadas UTM 22J 6501568 / 239615
P 7	Arroio Candiota	Estação após a foz do Arroio Poacá e à jusante de todas as fontes consideradas potencialmente geradoras de impactos ambientais Coordenadas UTM 22J 6474399 / 229614
P 8	Arroio Sem Nome	Estação amostral acrescentada por solicitação expressa em relato interpretativo do IBAMA – lançamento do efluente tratado da termelétrica Coordenadas UTM 22J 6505818,92 / 244627,54

No quadro 54 considerou-se a localização dos usos principais e as posições amostrais, esquemas sintéticos do curso d'água, nos quais são amostradas as condições ecológicas da bacia hidrográfica do arroio Candiota, visando um melhor entendimento do funcionamento sistemático da pluviometria da bacia e seus usos principais. A estação 8, é o local de derrame do efluente líquido tratado da térmica.

Figura 51 - Diagrama unifilar da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota.



2.5.3. Amostragem e processamento das amostras e análises químicas

As campanhas amostrais tiveram uma frequência trimestral, cada amostragem é tomada como representante das condições da sazonalidade, isto é o ano amostral inicia na primavera de 2022, e após o verão de 2023, outono de 2023 e por fim inverno de 2023, compondo assim o ano amostral.

Cada unidade amostral é acompanhada de um sufixo alfabético, assim: BE corresponde a campanha amostral da primavera de 2022; BF corresponde a campanha amostral de verão de 2023; BG corresponde a campanha amostral de outono de 2023 e BH corresponde a campanha amostral de inverno de 2023.

Foram oito locais amostrados, figura 51, o posicionamento da amostra foi numa distância mediana entre o eixo do arroio e sua margem.

Como amostrador foi dada a prioridade ao uso do próprio frasco de pvc, como amostrador, que após a amostragem foi usado como receptáculo, coletando o primeiro centímetro da camada de sedimentos superficiais de fundo.

Caso as condições de circulação do arroio Candiota, não permitam os amostradores utilizados para a coleta das amostras será um testemunhado de PVC, cano de PVC de ¼', com tampa superior, do tipo "corer", ou uma "pá de PVC", um pegador de fundo do tipo "Petersen", pegador de fundo do tipo "Eckman", ou ainda um "mud snapper", Figura 52.

O emprego dos amostradores será determinado pela dinâmica das águas do arroio. Muitas são as situações em que o arroio sai de sua calha e invade a planície de inundação, e as declividades associadas a precipitações pluviométricas da bacia propiciam muitas vezes correntes de escoamento muito poderosas, e frente a estas condições tem-se que trocar o amostrador usado.

O objetivo sempre é amostrar o primeiro centímetro da cama da sedimentar, a camada dita ativa da calha fluvial.

Nas quatro campanhas aqui descritas, não houve a necessidade de uso dos amostradores apresentados, somente utilizou-se o próprio frasco de polietileno como amostrador.

As unidades amostrais foram acondicionadas em "cooler" e mantidos a uma temperatura aproximadas de 4°C, e conduzidas imediatamente ao laboratório de análises.

O teor de matéria orgânica (MO) do sedimento foi medido através da perda por ignição (LOI), De Jonge, et alii. (2012).

Os dados produzidos em laboratório foram provenientes:

Do **ataque parcial**, o metal móvel, constitui-se em um ataque fraco a amostra, para extrair somente a fração do metal de origem antropogênica (em tese), potencialmente aproveitável ou exposto as condições ambientais como a temperatura, pH, potencial redox, coprecipitação, adsorção, levados a cabo principalmente pelos óxidos e hidróxidos de Manganês, Ferro, substâncias húmicas, e minerais argilosos etc., nos quais estão disponíveis.

Do **ataque total**, o metal total, é um ataque forte a amostra para extrair aproximadamente 90% do metal, exceto para o Cromo que possui uma porcentagem de recuperação aproximada a 60%, os resultados obtidos por este ataque, se obtém uma boa referência do conteúdo total de uma amostra.

Os cálculos desenvolvidos e as suas interpretações buscam-se dar atenção especial aos valores totais dos elementos, já que, as taxas de referenciais são para elementos totais versus a sobrevida dos organismos no mundo inteiro, todas as concepções e, portanto, a rastreabilidade deste estudo precisa ser obtida para que qualquer tipo de comparação seja validado.

Além disso, a incerteza do valor obtido para o ataque fraco em áreas mineiras como é o caso do arroio Candiota é muito grande, isto é, nada assegura que ao diminuir o pH da água na calha fluvial, parte maior dos metais que estão determinados como taxa total, possam vir a serem liberados para o meio como potencialmente moveis e ou biodisponíveis. Trabalha-se então com as taxas de potencial máximo encontradas, elemento total, mesmo porque o contexto é o da vigilância ambiental e o nível restritivo deve ser o máximo.

Para efeito de interpretação, quando as concentrações dos elementos possuem taxas abaixo do limite de detecção, por ser um estudo em que as concentrações usadas para comparações são as mais restritivas possíveis, utiliza-se o próprio limite de detecção como sendo resposta a concentração medida, para efeito de comparações e avaliação estatística ou matemática, evitando desta forma o valor “missing”.

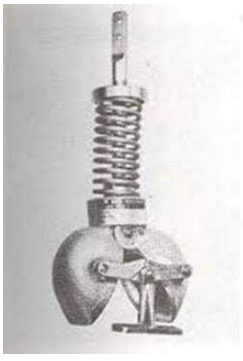
Os métodos usados para a determinação dos elementos medidos estão referenciados no Quadro 55 Figura 52.

Quadro 55 - Métodos utilizados na detecção das variáveis e as concentrações dos metais nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota

Parâmetros	Unidade	Referência do Método Analítico
Alumínio	mg Al/Kg	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Arsênio	mg As/Kg	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Cádmio	mg Cd/Kg	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Chumbo	mg Pb/Kg	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Cobre	mg Cu/Kg	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Cromo	mg Cr/Kg	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Ferro	mg Fe/Kg	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Manganês	mg Mn/Kg	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Matéria Orgânica	%	Gravimétrico
Mercúrio	mg Hg/Kg	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Níquel	mg Ni/Kg	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
pH Solução 1:1	-	SMWW, 23ª Edição, Método 4500H+ B / ABNT NBR 10.004: 2004
Umidade	%	Gravimétrico
Zinco	mg Zn/Kg	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001

Figura 52 - Amostradores que podem ser usados de acordo com as condições hidrodinâmicas do meio, draga de Petersen, draga de Eckman, “mud snapper” e a pá de PVC, respectivamente.






2.5.4. Avaliação multi-índice

Esses índices identificam, numericamente, o nível de contaminação / poluição dos sedimentos na avaliação da contaminação por metais é de vital importância nas áreas de desenvolvimento econômico como é o caso da bacia hidrográfica do arroio Candiota.

Existem diferentes índices geralmente usados para identificar concentrações de metais de preocupação ambiental, identificando e caracterizando o estado ambiental com base na presença e buscando suas fontes potenciais e os metais residuais nos sedimentos através de alguns métodos que são transformados em índices e, a seguir são descritos os índices usados.

2.5.5. Fator de contaminação (CF)

Proposto por Hakanson em 1980, o fator de contaminação é dado pela razão entre a concentração média de um elemento i no sedimento/solo pela concentração do mesmo elemento na crosta terrestre, sendo sua equação a seguinte:

$$CF = C_{\text{metal amostra}} / C_{\text{backgroud metal}}$$

Onde

CF é o fator de contaminação;

$C_{\text{metal amostra}}$ é a concentração do metal na amostra de sedimentos recolhida;

$C_{\text{background metal}}$ é a concentração de nível de base do metal

A interpretação pode ser realizada a partir do Quadro 56 Classes do fator de contaminação e a interpretação.

Quadro 56 - Classes do fator de contaminação e a interpretação

Intervalo	Interpretação
Cf < 1	Baixa contaminação
1 < Cf < 3	Contaminação Moderada
3 < Cf < 6	Contaminação Considerável
Cf > 6	Contaminação Alta

2.5.6. Fator de enriquecimento de metais (EF) e índice de geoacumulação (Igeo).

O Fator de Enriquecimento (FE) em metais e o Índice de Geoacumulação (Igeo) são indicadores utilizados para avaliar a presença e intensidade da deposição antropogênica de contaminantes nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota.

2.5.7. Fator de Enriquecimento (EF)

EF Este é outro índice de elemento único, que compara a proporção do elemento de interesse com um "elemento conservativo" (supostamente sem contribuição antrópica e pouco ou não afetado pelo intemperismo) (por exemplo, Fe, Al em uma determinada amostra para a mesma proporção em um contexto local.

A normalização contra um elemento conservador leva em conta as entradas litogênicas e sedimentares do elemento de interesse, melhorando a previsão da poluição antropogênica com fator de enriquecimento.

O fator de enriquecimento >1 é uma indicação da origem antropogênica do elemento de interesse (Çevik et al., 2008).

O fator de enriquecimento (EF) é um mecanismo distintivo entre o acumulo de elementos de proveniência antrópica ou de fenômenos geogênicos (BARBIERI, 2016). Assim, este índice pode ser definido através da normatização de um elemento traço específico em relação um outro elemento referencial.

Quando aplicados a sedimentos de fundo, os valores de referência (background) deverão ser selecionados criteriosamente para que se balize os dados em torno de uma variável de baixa ou nenhuma contribuição antropogênica (BARBIERI, 2016). Em determinadas situações, o fator de enriquecimento pode também fomentar interpretações quanto a relação entre os elementos traços detectados e as fases geoquímicas sedimentares presentes (SILVA-FILHO et al., 2014). Do exposto, define algebricamente o fator de enriquecimento como (BARBIERI, 2016; SILVA-FILHO et al., 2014):

$$EF = \frac{[Me]/_{Ns}}{[Mb]/_{Nb}}$$

Sendo:

[Me] = Concentração do metal investigado na amostra.

Ns = Concentração do elemento de referência, normalizador, na amostra.

[Mb] = Concentração do metal investigado no “background”.

Nb = Concentração do elemento normalizador no “background”.

O Fator de Enriquecimento (FE) em metais tem sido utilizado para o cálculo das diferenças entre os metais originados de atividades humanas e aqueles de fontes naturais por vários pesquisadores (Ololade 2014; Barbieri 2015; Abdul qader Ismaeel e Kusag 2015).

Além disso, este índice pode ser usado para avaliar e explicar a contaminação de metais residuais nos sedimentos.

O índice EF é calculado pela normalização de uma concentração de metal no sedimento em relação à concentração de um elemento de referência (Mais comumente incluem Al, Fe e Mn). Nesse estudo, o Fe e o Al foram escolhidos como elementos de referências devido sua ausência de mobilidade vertical e/ou fenômenos de degradação.

No Quadro 223 apresenta-se as classes nominais do fator de enriquecimento dos sedimentos.

Os fatores a serem considerados para a escolha do elemento de normalização, bem como as limitações estão detalhados em Brady et al. (2015). Para este estudo, Al e o Fe, de maneira individualizada foram utilizados como elementos de normalização.

Quadro 57 - Classificação e interpretação nominal do fator de enriquecimento

Classificação	Qualidade dos Sedimentos
EF < 2	Empobrecimento
2 < EF < 5	Enriquecimento Moderado
5 < EF < 20	Enriquecimento significativo
20 < EF < 40	Enriquecimento muito alto
EF > 40	Enriquecimento extremamente alto

2.5.8. Índice de Geoacumulação (IGEO)

O Índice de Geoacumulação foi proposto por Müller em 1969 para sedimentos, porém, ele também pode ser utilizado para solos. Ele é representado pela equação:

$$\text{Igeo} = \log\left(\frac{Cn}{1.5 \times Bn}\right)$$

ou

$$\text{Igeo} = \log_2 \frac{Conc.(metal)}{1{,}5 X Conc.(metal\ controle)}$$

Sendo:

Igeo é o índice de geoacumulação;

Log é o logaritmo na base 2;

Cn é a concentração medida do elemento i no sedimento ou na superfície do solo; e Bn é a concentração do elemento i na crosta terrestre ou em sedimentos da era pré-industrial, ou no Clarke geoquímico, ou ainda na composição média dos Folhelhos, sendo possível adotar para este último parâmetro a concentração do elemento i em solos naturais locais, se for conhecida.

A interpretação dos resultados pode ser realizada conforme intervalos no quadro 58.

.

Quadro 58 - Classes e classificações nominais para o Índice de Geoacumulação

Classe	Intervalo	Interpretação
0	Igeo <= 0	Praticamente não contaminado
1	0 < Igeo < 1	Não contaminado à moderadamente contaminado
2	1 < Igeo < 2	Moderadamente contaminado
3	2 < Igeo < 3	Moderadamente à altamente contaminado
4	3 < Igeo < 4	Altamente contaminado
5	4 < Igeo < 5	Altamente à extremamente contaminado
6	5 < Igeo < 6	Extremamente contaminado

2.5.9. Índice de Carga de Poluição Potencial (PLI);

O Índice de Carga Poluente (PLI) é obtido como fatores de concentração (CF). Este CF é o quociente obtido dividindo a concentração de cada metal. O PLI do local é calculado obtendo a n-raiz do n- CFs que foram obtidos para todos os metais. Com o PLI obtido de cada local.

Geralmente o índice de carga poluente (PLI) como desenvolvido por Tomlinson et al. (1980), que é dado pela fórmula:

$$\mathbf{PLI = (CF1*CF2*CF3*CFn)^{1/n}}$$

O valor PLI > 1 está poluído, enquanto <1 indica ausência de poluição.

Fornece uma imagem da contaminação/poluição de um determinado local (Angulo, 1996). É categorizado como locais:

Sem poluição (PLI ≤1);

Poluição leve (1 ≤PLI ≤2);

Poluição moderada (2 ≤PLI ≤ 3); ou,

2.5.10. Grau de Contaminação

O método sugerido por Hakanson (1980) foi usado para descobrir o grau de contaminação (Cd) e grau modificado de contaminação (mCd), que pode descrever a toxicidade de um metal. Um indicador global de contaminação, denotada como ‘grau de contaminação’ Cd é baseado no cálculo do fator de contaminação (FC) para cada poluente. É uma medida do grau de contaminação geral nas camadas superficiais, conforme dado na equação:

$$\text{Cdeg} = \sum_{i=1}^{n} CF$$

onde

n = número de elementos analisados e

i = i-ésimo elemento (ou poluente) e

CF = Fator de contaminação.

CF é determinado como a razão entre a concentração de metal em sedimento ao valor de nível de base dos metais do estudo (Swarnalatha et al., 2013 a,b).

São distinguidos quatro tipos de 'Cdeg':

baixo grau de contaminação, Cdeg <8;

grau moderado de contaminação, 8 <Cdeg <16;

grau considerável de contaminação, 16 <Cdeg <32; e

alto grau de contaminação, Cdeg> 32.

2.5.11. Grau de Contaminação modificado

O grau modificado de contaminação, proposto por Abrahim e Parker em 2008, é o resultado da soma dos fatores de contaminação, dos elementos analisados, divididos pelo número de elementos analisados, conforme equação a seguir:

$$\text{mCd} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \text{CF}}{\text{n}}$$

onde

CF é o fator de contaminação calculado previamente para o elemento i e,

"n" é o número de elementos analisados. A sua interpretação é realizada por meio do seguinte quadro 59.

Quadro 59 - Classes e interpretação do Grau de contaminação modificado

Intervalo	Interpretação
Cdeg.m < 1,5	Contaminação nula ou muito baixa
1,5 < Cdeg.m < 2	Contaminação Baixa
2 < Cdeg.m < 4	Contaminação Moderada
4 < Cdeg.m < 8	Contaminação Alta
8 < Cdeg.m < 16	Contaminação Muito Alta
16 < Cdeg.m < 32	Contaminação Extrema
Cdeg.m > 32	Contaminação Muito Extrema

2.5.12. Índice da Qualidade dos sedimentos (SQGs). (linhas guias da qualidade)

No Brasil, o único documento legal referente à qualidade ambiental de sedimentos aquáticos é a Resolução CONAMA nº 344-2004 que foi mais tarde substituída pela resolução nº 454-2012, cujos critérios de formulação foram baseados em legislações ambientais internacionais, dentre as quais se destaca a canadense (Canadian Council, 2001). O referido documento trata da disposição de sedimentos de dragagem, bem como estabelece as concentrações de contaminantes a partir das quais se prevê baixa (Nível 1) ou alta (Nível 2) probabilidade de efeitos tóxicos à biota.

A orientação de Canadian Council (2001) para teores de metais pesados em sedimentos é baseada na toxicidade destes contaminantes para a biota bentônica. De acordo com Canadian Council (2001), em decorrência da complexa composição química e mineralógica dos sedimentos fluviais e das suas inter-relações com o substrato aquoso, o mais prudente para efeitos de diagnóstico ambiental é a associação de aspectos sedimentológico /geoquímicos e bioindicadores aquáticos.

Desta maneira, as concentrações de referência de Canadian Council (2001) e de CONAMA (2004) foram determinadas de acordo com ensaios ecotoxicológicos em sedimentos de água doce enriquecidos de substâncias-teste, utilizando organismos bentônicos.

Além da ocorrência natural dos metais, como componentes dos sedimentos, também estão presentes somando-se a presença natural, aqueles metais provenientes das atividades antropogênicas da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota.

No entanto, a variabilidade das concentrações dos metais em sedimentos, torna-se muitas vezes difícil de serem discriminadas. Em especial nas porções de metais medidas provenientes de processos naturais e a aquelas porções que provem de uma condição de enriquecimento associado as atividades antrópicas, fontes difusas que se incorporam aos locais fluviais.

Seguiu-se o paradigma - "As concentrações de metais em sedimentos de fundo, no sedimento interface água, a zona hiporréica ou mesmo nos sedimentos suspensos, podem exceder a concentração do metal sobrejacente a coluna de água por várias ordens de magnitude".

Utilizou-se a estratégia para estabelecer o estado dos sedimentos e a sua qualidade como indicador do estado de saúde ambiental da calha fluvial do arroio Candiota.

As concentrações naturais dos metais nestes sedimentos variam por ordem de magnitude dependendo das características dos sedimentos, mineralogia, tamanhos de grãos e conteúdo da matéria orgânica.

Como abordagem principal, foi utilizada à verificação das taxas dos elementos químicos previamente selecionados, seleção está em função dos seus vínculos com as atividades antropogênicas, em especial a termeletricidade e a mineração do carvão mineral (são usos solidários), e ainda, por possuírem referenciais de enriquecimento, bem como de efeitos na biota segundo taxas calculadas ao longo do tempo em vários países do mundo, estabelecidas por várias concepções destas referencias. Todas aqui utilizadas e comparadas.

Os métodos analíticos de obtenção das concentrações dos metais em sedimentos já estão devidamente indicados nos laudos do laboratório responsável por estas analises CEIMIC-GREEN LAB Analises Químicas e Ecotoxicológicas, que acompanham este relato no formato de anexos.

Foram três as linhas bases usadas para a comparação das concentrações encontradas nos sedimentos do estudo:

- *A primeira abordagem*: as comparações da variabilidade das concentrações com o local de referência, e com as condições de referências estabelecidas para o estudo, a razão para referência (RTR) e o valor agregado para

referência (ARTR). Foram utilizadas a estação amostral 1 como local de referência e os valores médios obtidos para as estações sazonais estudadas no decorrer do monitoramento e além disso como condição de referência estabelece-se os resultados da Estação 6 (mineração), estação 8 (termeletricidade) e a estação amostral 7 como sendo a estação mais a jusante da bacia estudada.

O "status" geral do indicador é baseado na proporção do "local de referência" que em tese passa a ser o local que não sofre a influência do uso da Termeletricidade, na bacia do arroio Candiota, isto é a *estação amostral 1*, além deste local de referência estabelece-se uma condição de referência dada pelos valores médios dos metais totais, medidos até a presente data.

- *A segunda* abordagem foi à aplicação da comparação das concentrações obtidas neste estudo com os valores guias dos sedimentos em todo o mundo, considerando várias concepções, "benchmark" para metais em sedimentos.

As diretrizes básicas para a qualidade dos sedimentos (SQGs).

Nesta outra abordagem, o numerador das razões matemática construídas, está a taxa encontrada no local de estudo, que constituem respostas as ações de analises das amostras dos locais escolhidos, e no denominador estarão os valores guias da qualidade (SQG ou benchmark), atendendo as várias concepções existentes ao redor do mundo para os elementos químicos estudados nestes sedimentos.

Foram quatro concepções aqui utilizadas foram:

1- **TEC** (Treshold Effect Contamination); **PEC** (Probable Effect Contaminantion), MacDonald, 2000;

2- **LEL** (Low Effect Level); **SEL** (Severe Effect Level), Persaud, 1993;

3- **ERL** (Effect Range Low); **ERM** (Effect Range Median) estabelecidos por NOAA; National Oceanic and Atmospheric Administration; Long et al., (1990).

4- **TEL** (Treshold Effects Levels), **PEL** (Probable Effect Contamination), estabelecido e divulgados por MacDonald, (1994).

Estes valores foram obtidos de "Environment Canada e Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec [EC et MDDEP] (2007)", e neste relato são denominados de "benchmark".

Eles foram na sua origem definidos com base nos efeitos biológicos observados em organismos bentônicos e pelágicos e concentrações de contaminantes medidas no sedimento.

Os valores de TEC, LEL, ERL e TEL são os valores limiares, isto é, valores que quando ultrapassados, espera-se encontrar algum efeito biológico negativo.

Já os valores PEC, SEL, ERM, e PEL são os valores limites que se ultrapassados indicam que até o efeito de letalidade aos organismos do meio estará presente,

Como o contexto deste estudo tem sido mais restritivo possível, usam-se as taxas limiares (TEC, LEL, ERL e TEL) buscando-se a antecipação a uma situação de contaminação extrema.

As concepções foram, limiares de cada uma, TEC, LEL, ERL (Resolução 344 CONAMA) e o valor limiar da concepção utilizada pela CODESP, São Paulo, TEL (Resolução 454 CONAMA).

Salienta-se que as origens destas concepções se sucederam no tempo e no espaço, geografia e países, e dentre estas a concepção ERL-ERM, foi adotada pela Resolução 344 CONAMA - Brasil como índices de qualidade, durante algum tempo, ao analisarem a disposição de produtos de dragagem (sedimentos).

Mais recentemente, por proposta da CETESB (2007), adotou-se no Brasil, uma concepção específica para o Estado de São Paulo para avaliar qualidade de sedimentos em que os metais escolhidos neste estudo, compõem a lista de variáveis para avaliar qualidade ambiental. Esta última concepção, foi assumida pela legislação brasileira quando se quer analisar disposição de sedimentos dragados (Resolução 454 CONAMA).

É preciso salientar que estes índices foram adotados no país dentro do escopo de análise de disposição de sedimentos a serem dragados e depois dispostos em áreas pré-determinadas.

Os índices de qualidade, foram determinados como a razão entre a concentração medida de cada elemento presente na área de estudo, Alumínio, Arsênio, Cadmio, Cobre, Chumbo, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel e Zinco, em cada unidade amostral, e os valores referenciais, os “benchmarks”, estão no Quadro 60.

Um resultado desta razão, a partir de agora chamado de índice, quando superior a 1 indica que a concentração excede o critério, e efeitos biológicos são esperados, enquanto um índice inferior a 1 indica que a qualidade do sedimento é boa, no entanto quando o índice calculado atinge 0,5, já se estabelece um sinal de alerta para aquele local de estudo.

Quadro 60 - “Benchmarks” ou “tresholds” (SQGs), referenciais de níveis de efeito biológico, utilizados como referenciais nas comparações com as taxas encontradas nos sedimentos superficiais de fundo das calhas fluvial da calha fluvial da bacia hidrográfica do arroio Candiota. Apresentam-se os valores limites de cada uma das quatro concepções apresentadas. São vários autores, cada concepção é referenciada no texto. As concepções foram utilizadas nos seus limiares, TEC, LEL, ERL e TEL

Elementos	Concepções dos limites em que há prejuizos as comunidades de organismos							
Estudados	TEC	PEC	LEL	SEL	ERL	ERM	TEL	PEL
Al (%)								
As ppm	9,8	33	6	33	8,2	70	5,9	17
Cd ppm	0,99	5	0,6	10	1,2	9,6	0,6	3,5
Pb ppm	36	130	31	250	46,7	218	35	91,3
Cu ppm	32	150	16	110	34	270	35,7	197
Cr ppm	43,4	110	26	110	81	370	37,3	90
Fe (%)	2	4	2	4				
Mn (ppm)	460	1100	460	11000				
Hg (ppm)	0,18	1,1	0,2	2	0,15	0,71	0,17	0,49
Ni (ppm)	23	49	16	75	20,9	51,6	18	35,9
Zn (ppm)	120	460	120	820	150	410	123	315

Nota: Onde há hachurado cinza, significa que a concepção não contemplou o referido elemento. Os valores estão vinculados as Linhas Guias da Qualidade dos Sedimentos (SQGs).

- *A terceira* abordagem foi a utilização das taxas consideradas médias pela prospecção geoquímica os “backgrounds”; foram extraídos de Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979). Teores dos elementos do estudo presentes na forma de concentrações medias na crosta terrestre, nos sedimentos do planeta, na composição média dos folhelhos no planeta e os valores do “Clarke Geoquímico” que é usado na prospecção geoquímica da geologia ortodoxa, Quadro 61.

O status geral do indicador é baseado na proporção do local de referência, que em tese, passa a ser o local que não sofre a influência do uso da Termeletricidade, na bacia do arroio Candiota, isto é a estação amostral 1;

Quadro 61 - **“**Backgrounds” (níveis de base) utilizados como referenciais, nas comparações, com as taxas encontradas nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial, da bacia hidrográfica do arroio Candiota, Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979)

Elementos	Crosta Terrestre Background	Sedimentos Background	Clarke	Folhelho Médio
Al (%)	8,2	7,2	8,36	8,8
As (ppm)	1,5	7,7	1,8	13
Cd (ppm)	0,11	0,17	0,16	0,22
Pb (ppm)	14	19	13	23
Cu (ppm)	50	33	68	39
Cr (ppm)	100	72	122	90
Fe (%)	4,1	4,1	6,2	4,8
Mn (ppm)	950	770	1060	850
Hg (ppm)	0,05	0,19	0,08	0,18
Ni (ppm)	80	52	99	68
Zn (ppm)	75	95	76	120

2.5.13. Razão de referência (RTR) e Valores Agregados de Referencias (ARTR)

Os dados de metais, foram todos tratados quantitativamente, fazendo-se a devida normalização de seus valores podendo envolver os parâmetros limnológicos, químicos e biológicos, convertendo os valores para razões de referência (RTR).

Neste estudo utilizou-se esta técnica não somente para normalização, mas para a comparação entre as taxas de metais encontradas em cada uma das estações amostrais, que por sua vez a caracterizam os locais, mas também foi introduzido e aplicado o conceito de valor agregado de referência (ARTR). Isto possibilitou as comparações entre as taxas encontradas nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, metal a metal, com a referência escolhida, mas também entre as estações amostrais, de uma

mesma campanha. Considerando que em cada unidade amostral que representa cada estação amostral o que se tem é um mix de metais.

O RTR e o ARTR, foram utilizados para a comparação com a condição de referência estabelecida, pelos valores médios de todas as campanhas amostrais, desde 2004, metal a metal e estação a estação.

Os critérios para a definição das razões de referência são baseados na suposição de que as concentrações em um local considerado referência, ou uma condição de referência construída, são representativos de condições de "background".

Aqueles aumentos relativos das concentrações de elementos químicos, em relação a uma referência de uma unidade amostral específica, são usados como evidência, para considerar que essas substâncias têm origem antrópica. Devido à grande extensão das influencias antropogênicas causadas pelas atividades antropogênicas ao meio, na maioria das vezes não há um local relativamente livre de contaminação que possa ser usado como referência de determinado meio, ou ecossistema; nesse caso especifico dos sedimentos do arroio Candiota a determinação do RTR e do ARTR, pode ser considerado nos valores da estação amostral 1, local de referência, os valores máximos, das concentrações dos metais, de todas as campanhas amostrais até o presente, 2004 a 2023, e ainda a comparação dentro das sazonalidades.

Este modelo de estudo comparativo, de certa forma prepara uma aplicação da tríade da qualidade dos sedimentos, que em tempo ao longo do estudo será devidamente triado e aplicado.

Vamos a um exemplo de cálculo:

Tomando o Quadro 62, que reúne dados parciais do inverno de 2023, representando a Campanha BH, a estação 1 e 2 respectivamente. Sendo que a estação 1 é a estação considerada referência e a 2BH usada para exemplo.

Quadro 62 - Tabela parcial dos resultados do cálculo do RTR e ARTR dos dados de inverno, dos elementos químicos medidos nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota

Metais Totais	1BH	RTR 1BH	2BH	RTR 2BH
Altot(ppm)	762,79	1,00	1513,71	1,98
Astot(ppm)	0,0646	1,00	0,0617	0,96
Cdtot(ppm)	0,00646	1,00	0,00617	0,96
Pbtot(ppm)	0,323	1,00	2	6,19
Cutot(ppm)	0,323	1,00	0,309	0,96
Crtot(ppm)	0,323	1,00	0,309	0,96
Fetot(ppm)	2741,6	1,00	2541,08	0,93
Mntot(ppm)	155,2	1,00	156,02	1,01
Hgtot(ppm)	0,0194	1,00	0,0185	0,95
Nitot(ppm)	0,646	1,00	0,617	0,96
Zntot(ppm)	1,51	1,00	4,95	3,28
	∑	11,00	∑	19,12
	ARTR 1BH	**1,00**	**ARTR 2BH**	**1,74**

Para calcular do RTR: toma-se a concentração do metal na estação 2BH e divide-se pela concentração, do mesmo metal, na estação de referência (1BH).

Tomando o Alumínio como exemplo (1513,71 ppm / 762,79 ppm) = 1,98, isto significa que a concentração do Alumínio é cerca de 1,98 vezes maior do que a concentração do Alumínio na estação de referência (1BH), esse cálculo é executado para cada metal.

Desta maneira temos uma relação entre as concentrações dos elementos em cada uma das estações amostrais referenciadas ao local de referência (estação amostral 1),

Para calcular do ARTR: cada unidade amostral recolhida em cada estação amostral é um mix de elementos químicos. Nossa ciência cartesiana apresenta suas concentrações individuais. Desta forma o somatório destas concentrações dividido pelo número de elementos químicos estudados, fornece um número, adimensional, que pode estabelecer a relação estre as estações amostrais.

Tomando a estação 2BH, no exemplo, o somatório de todas as concentrações medidas foi 19,12, e o número de elementos medidos e responsáveis por este somatório foram 11 elementos, então (19,12 / 11) = 1,74. Isto significa que posso afirmar ser 1,74 vezes maior do que a estação 1(local de referência), desta forma estaremos relativizando as estações amostrais.

Portanto relativizamos os elementos químicos entre si (RTRs), e relativizamos o mix dos elementos químicos entre estações (ARTRs).

Note-se que o local de referência estação 1BH, pode ser trocado por qualquer outro local, desde que tenha todas ou algumas das variáveis medidas, poderia ser por exemplo a estação amostral 8BH (efluente térmica) ou a 6BH (mineração), ou uma condição de referência construída com valores de concentrações de metais da legislação por exemplo. Este cálculo foi realizado para vários locais de referência (Estação amostral 1, Estação amostral 6, Estação amostral 7 e Estação amostral 8) e para condição de referência construída (valores médios para todas as unidades amostrais recolhidas até a presente data neste estudo (n=402).

2.5.14. Estatística descritiva

Os métodos estatísticos univariados possibilitaram a determinação de parâmetros estatísticos básicos (média, mediana, variância, desvio padrão, quartis) para um único elemento. Podendo assim, por meio desses, definir os valores de background, limiares (“tresholds”) e valores anômalos (“outliers”).

A análise estatística inicia com uma análise descritiva. Ela auxilia o pensar sobre como utilizar os dados, a identificar exceções e possíveis erros e verificar como as variáveis estão relacionadas.

Reorganizar, classificar e alterar os dados, mantendo os dados brutos em um formato que facilite a compreensão e a análise, para que possam informar algo útil sobre as informações obtidas.

Esta análise, descritiva, foi um tipo de pesquisa de dados que auxiliou a descrever, demonstrar ou resumir dados de forma mais útil possível, de modo que esses padrões possam ser desenvolvidos e satisfaçam todas as condições dos dados, é a análise de dados mais básica, para subsidiar a gestão ambiental.

Estas estatísticas descritivas são divididas em medidas de tendência central e medidas de variabilidade (spread).

As medidas de tendência central incluem média, mediana, enquanto as medidas de variabilidade incluem desvio padrão, variância, variáveis mínimas e máximas, curtose e assimetria

As Medidas de tendência central, fornecem a tendência ou resposta central (ou média) e é crucial na análise descritiva. Dois padrões - média, mediana - são usados para calcular a tendência central.

As Medidas de dispersão na maioria das vezes, possibilita entender como os dados são distribuídos em um intervalo. Esse tipo de distribuição pode ser medido usando métricas de dispersão como amplitude e ou desvio padrão.

Considerando que os fenômenos geológicos são a resultante de diversos fatores condicionantes, são necessárias análises que envolvam mais de um elemento químico, sendo utilizados nessas situações os métodos estatísticos de análise multivariadas.

As análises estatísticas multivariadas a seguir apresentada se ocupa da análise de diversas variáveis, aqui em especial das concentrações dos elementos deste estudo, para uma mesma unidade amostral, obtendo-se correlações elementares que podem vir a auxiliar na determinação de áreas fontes para prospecção de contaminações da bacia.

As principais técnicas de análise estatísticas multivariadas neste estudo são a análise de correlação bivariada, análise fatorial, os componentes principais, análise de agrupamento.

2.5.15. Análise de correlação

A Análise de Correlação é um método estatístico usado para descobrir se existe uma relação entre duas variáveis/conjuntos de dados e quão forte essa relação pode ser.

Essencialmente, a análise de correlação é usada para detectar padrões em conjuntos de dados. Um resultado de correlação positiva significa que ambas as variáveis aumentam em relação uma à outra, enquanto uma correlação negativa significa que à medida que uma variável diminui, a outra aumenta.

Coeficientes de correlação

Geralmente existem três maneiras diferentes de classificar a correlação estatística de acordo com Spearman, Kendall e Pearson. Cada coeficiente representará o resultado final como ' r'. O Rank de Spearman e o Coeficiente de Pearson são as duas fórmulas analíticas mais amplamente utilizadas, dependendo dos tipos de dados que os pesquisadores têm em mãos.

Coeficiente de correlação de classificação de Spearman

Este coeficiente é utilizado para verificar se existe alguma relação significativa entre os dois conjuntos de dados, e opera sob a suposição de que os dados utilizados são ordinais, o que aqui significa que os números não indicam quantidade, mas sim significam uma posição de lugar de a posição do sujeito (por exemplo, 1º, 2º, 3º, etc.)

$$r_s = 1 - \frac{6\sum D^2}{n\left(n^2 - 1\right)}$$

Este coeficiente requer uma tabela de dados que exiba os dados brutos, suas classificações e a diferença entre as duas classificações. Esta diferença quadrada entre as duas classificações será mostrada num gráfico de dispersão, que indicará claramente se existe uma correlação positiva, uma correlação negativa ou nenhuma correlação entre as duas variáveis. A restrição sob a qual este coeficiente funciona é $-1 \leq r \leq +1$, onde um resultado 0 significaria que não houve qualquer relação entre os dados.

Coeficiente Produto-Momento de Pearson

Esta é a fórmula de análise de correlação mais utilizada, que mede a força das relações “lineares” entre os dados brutos de ambas as variáveis, e não as suas classificações. Este é um coeficiente adimensional, o que significa que não há limites relacionados aos dados a serem considerados ao realizar análises com esta fórmula, razão pela qual este coeficiente:

$$r = \frac{\sum(X-\overline{X})(Y-\overline{Y})}{\sqrt{\sum(X-\overline{X})^2}\sqrt{(Y-\overline{Y})^2}}$$

Sendo

$\overline{X}$ =média da variável X

$\overline{Y}$ = média da variável Y

Porém, se a relação entre os dados não for linear, então é quando este coeficiente específico não representará com precisão a relação entre as duas variáveis e é quando o Rank de Spearman deve ser implementado. O coeficiente de Pearson exige que os dados relevantes sejam inseridos em uma tabela semelhante à do Rank de Spearman, mas sem as classificações, e o resultado produzido estará na forma numérica que todos os coeficientes de correlação produzem, incluindo o Rank de Spearman e o Coeficiente de Pearson: $-1 \leq r \leq +1$.

Quando usar?

Os dois métodos descritos acima devem ser usados dependendo da existência de parâmetros associados aos dados coletados. Os dois termos a serem observados são:

Paramétrico: (Coeficiente de Pearson) onde os dados devem ser tratados em relação aos parâmetros de populações ou distribuições de probabilidade. Normalmente utilizado com dados quantitativos já definidos dentro dos referidos parâmetros.

Não paramétrico: (Classificação de Spearman) onde nenhuma suposição pode ser feita sobre a distribuição de probabilidade. Normalmente usados com dados qualitativos, mas pode ser usado com dados quantitativos se o Rank de Spearman se mostrar inadequado.

Nos casos em que ambos são aplicáveis, os estatísticos recomendam a utilização de métodos paramétricos como o Coeficiente de Pearson, porque tendem a ser mais precisos. Mas isso não significa descartar os métodos não paramétricos se não houver dados suficientes ou se for necessário um resultado mais preciso e especificado.

Correlação ≠ Causalidade

Embora uma relação significativa possa ser identificada por técnicas de análise de correlação - a correlação não implica causalidade. A causa não pode ser determinada pela análise, nem esta conclusão deve ser tentada. A relação significativa implica que há mais para compreender e que existem fatores externos ou subjacentes que devem ser mais explorados para procurar uma causa. Embora seja possível que exista uma relação causal, seria negligente da parte de qualquer pesquisador usar os resultados da correlação como prova dessa existência.

2.5.16. Análise de agrupamento (cluster).

A análise de cluster, assim como a análise de redução de dimensão (análise fatorial), preocupa-se com a coleta de dados em que as variáveis não foram particionadas previamente em subconjuntos de critérios versus subconjuntos de previsores.

Considerando as variáveis como pontos individuais ou recursos que estão sendo observados, os subconjuntos de critérios são as variáveis que se está tentando prever ou explicar, enquanto os subconjuntos de preditores são as variáveis que se está usando para fazer essas previsões.

O objetivo da análise de cluster é encontrar grupos semelhantes de sujeitos, onde a "semelhança" entre cada par de sujeitos representa uma característica única do grupo versus a população/amostra maior. A forte diferenciação entre grupos é indicada através de clusters separados; um único cluster indica dados extremamente homogêneos.

Esta análise algoritmos são usados para agrupar um conjunto de objetos ou pontos de dados em grupos com base em sua similaridade.

O resultado é um conjunto de clusters, onde cada cluster é distinto um do outro e os objetos ou pontos de dados dentro de cada cluster são bastante semelhantes entre si.

O objetivo é ajudar a revelar padrões e estruturas dentro de um conjunto de dados que possam fornecer "insights" sobre relacionamentos e associações subjacentes.

2.5.17. Análise fatorial (FA) - análise dos componentes principais (PCA).

A análise fatorial é uma técnica usada para reduzir um grande número de variáveis em um menor número de fatores. Esta técnica extrai a variância comum máxima de todas as variáveis e as coloca em uma pontuação comum. Como um índice de todas as variáveis, podemos usar esta pontuação para análises posteriores.

A análise fatorial exploratória (EFA) tem sido usada como uma ferramenta analítica.

Após uma análise fatorial exploratória método dos componentes principais, os escores fatoriais podem ser computados e usados em análises subsequentes. As pontuações dos fatores são variáveis compostas que fornecem informações sobre a colocação de um indivíduo no (s) fator(es).

Análise de componentes principais: Este é o método utilizado neste estudo. O PCA começa a extrair a variância máxima e a coloca no primeiro fator. Depois disso, remove aquela variância explicada pelos primeiros fatores e então começa a extrair a variância máxima para o segundo fator. Esse processo vai para o último fator.

Como resultados obtém-se:

- Carga fatorial: A carga fatorial é basicamente o coeficiente de correlação entre a variável e o fator. A carga fatorial mostra a variância explicada pela variável naquele fator específico. Na abordagem SEM, como regra geral, uma carga fatorial de 0,7 ou superior representa que o fator extrai variância suficiente daquela variável.
- Autovalores: Autovalores também são chamados de raízes características. Os autovalores mostram a variância explicada por aquele fator específico da variância total. Na coluna de comunalidade, podemos saber quanta variância é explicada pelo primeiro fator da variância total. Por exemplo, se o primeiro fator explica 68% da variância do total, isso significa que 32% da variância será explicada pelo outro fator.
- Pontuação do fator: A pontuação do fator também é chamada de pontuação do componente. Esta pontuação é de todas as linhas e colunas, que pode ser usada como um índice de todas as variáveis e pode ser usada para análises posteriores. Pode-se padronizar essa pontuação multiplicando um termo comum. Com esta pontuação fatorial, qualquer que seja a análise que for executada, assume-se que todas as variáveis se comportarão como pontuações fatoriais e se moverão.

Critérios para determinar o número de fatores: De acordo com o Critério Kaiser, os autovalores são um bom critério para determinar um fator. Se os autovalores forem maiores que um, devem ser considerados um fator e se os autovalores forem menores que um, então não se deve considerá-los um fator. De acordo com a regra de extração de variância, deve ser superior a 0,7. Se a variância for inferior a 0,7, não devemos considerar isso um fator.

Método de rotação: o método de rotação torna mais confiável a compreensão da saída. Os autovalores não afetam o método de rotação, mas o método de rotação afeta os autovalores ou a porcentagem de variância extraída. Existem vários métodos de rotação

disponíveis: (1) Método sem rotação, (2) *Método de rotação Varimax*, (3) Método de rotação Quartimax, (4) Método de rotação oblíqua direta e (5) Método de rotação Promax.

Neste estudo foi utilizado o método de rotação Varimax.

2.5.18. Resultados e discussões

Os sedimentos de corrente, do arroio Candiota, são considerados representativos dos afloramentos das rochas a montante de cada estação amostral na bacia hidrográfica isto devido à sua complexidade genética.

Além disso os usos antropogênicos a montante de cada estação amostral contribuem com a gênese destes sedimentos.

Portanto, a distribuição espacial de muitos elementos, tóxicos ou não, pode ser efetivamente monitorada, estudando estes sedimentos da corrente.

2.5.19. Características gerais dos sedimentos

A concentração de sedimentos nos rios, nos locais em desenvolvimento, aumenta devido a terras continuamente cultivadas com o aumento da população, a atividades industriais, comerciais e o ir e vir das pessoas com a devida ocupação do espaço e os efluentes decorrentes destas atividades.

A utilização dos sedimentos fluviais, se justifica por esses serem considerados uma amostra representativa de rochas e solos presentes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, a montante de seu local de amostragem.

O ato de escolher os locais de amostragem, constitui em um dos critérios mais importantes para obtenção de resultados satisfatórios, uma vez, que bacias de diferentes ordens, apresentam características distintas dos sedimentos, como tamanho dos grãos, mineralogia e graus de intemperismo.

Amostras de sedimentos foram coletadas na superfície de calha fluvial em 8 locais e analisadas quanto à textura, tamanhos de grãos, matéria orgânica, e umidade.

No Quadro 63 apresenta-se as taxas de matéria orgânica, a umidade e o pH dos sedimentos amostrados.

No Quadro 64 apresenta-se a distribuição granulométrica em cada uma das unidades amostrais.

A intensa ocupação do solo pode afetar a qualidade das águas superficiais, que se tornaram receptáculos de efluentes antrópicos de diversas origens (Whitman, 1998; Heise e Förstner, 2006, 2007; Grabowski et al., 2011).

Além dos efeitos diretos do clima local, a cobertura vegetal atua no controle da descarga e no suprimento de sedimentos.

As características dos sedimentos transportados por um rio dependem, principalmente, de fatores como a velocidade média da corrente (produto da declividade média), tipo de material fonte, clima e cobertura vegetal da bacia de drenagem, especialmente da mata ciliar imediatamente adjacente aos cursos de água. Estes fatores estão bastante interligados e em estudos geomorfológicos e hidrológicos se torna difícil a compreensão destas relações quando vários destes fatores variam espacial e temporalmente dentro da bacia de drenagem.

A sedimentologia fluvial em regiões com forte pressão antrópica é especialmente complexa, uma vez que as atividades humanas afetam os fatores naturais.

Entre as possíveis interferências nos processos de erosão e transporte de sedimentos em sistemas fluviais pode-se destacar o desmatamento e atividades agropecuárias, bem como a utilização da água e alteração dos cursos dos rios., através do avanço de frentes mineiras.

Os sedimentos dos rios são agregados heterogêneos, estruturas compostas por partículas minerais amorfas ou pouco cristalinas, matéria orgânica e matéria biológica (biofilmes, bactérias, vírus e biomacromoléculas).

Embora os depósitos de sedimentos recentes estejam frequentemente próximos de lama fluida, os sedimentos mais antigos e profundos do leito fluvial tendem a se consolidar, apresentando um estado de consolidação maior para os sedimentos mais profundos.

Quadro 63 - Matéria orgânica, umidade e pH das unidades amostrais dos sedimentos recolhidos no ano amostral, primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023

Primavera (2022)	Mat Organica (%)	Umidade (%)	pH
1BE	1,04	31	7
2BE	2,85	35,4	6
3BE	0,03	20,7	7
4BE	0,48	20,8	7
5BE	0,58	22,1	7
6BE	1,13	18,2	7
7BE	1,04	24,7	7
8BE	0,8	23,6	7
Verão 2023	**Mat Organica (%)**	**Umidade (%)**	**pH dos Sedimentos**
1BF	0,78	24,7	6
2BF	0,13	24	6
3BF	0,09	25,3	6
4BF	0,68	3,7	6
5BF	0,03	19,4	6
6BF	1,46	22,7	6
7BF	0,03	22	6
8BF	0,57	21,5	6
Outono	**Mat Organica (%)**	**Umidade (%)**	**pH dos Sedimentos**
1BG	0,86	25,5	6
2BG	0,29	26	7
3BG	1,14	30,2	6
4BG	0,27	25,4	6
5BG	0,5	18	6
6BG	3,11	41,1	6
7BG	0,68	25,5	6
8BG	0,97	31,5	6
Outono	**Mat Organica (%)**	**Umidade (%)**	**pH dos Sedimentos**
1BH	0,66	21,9	6
2BH	15,9	18,4	6
3BH	0,31	15,1	6
4BH	1,33	24,5	6
5BH	4,37	36	7
6BH	5,19	20,6	6
7BH	33	19,7	6
8BH	0,6	14,1	7

Distribuições típicas dos tamanhos de grão de sedimentos depositados podem ser obtidas pela mistura de diferentes distribuições de carga de fundo relacionadas ao fluxo em várias proporções, os quadros 64 a 65, registram este comportamento nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, ao longo das campanhas BE, BF, BG e BH. Caracterizadas pela distribuição dos tamanhos de grãos componentes de cada unidade amostral estudada escala de Wentworth.

Os sedimentos que são carreados aos cursos hídricos, apresentam diferentes tamanhos de grãos e passam por processos diferenciados de erosão, transporte sendo este determinado pelas condições locais da bacia e de seu escoamento. Estas duas dinâmicas do transporte fluvial estão intimamente relacionadas com a velocidade e os volumes das águas.

Os rios apresentam por todos os seus trechos, não são homogêneos, onde estão ocorrendo os processos geológicos, realiza o trabalho físico, como se uma máquina fosse,

compreendendo os sub-processos que agem na modelagem fluvial, na erosão, e no transporte e na deposição.

A erosão é provocada pela remoção de materiais do leito e das margens fluviais, sendo essa uma resultante da pressão da água em movimento ou dos próprios materiais que são arrastados pela corrente e que se chocam com o leito e com a margem.

Já o transporte ocorre após a remoção do leito e das margens, e a deposição ocorre na parte terminal do processo de transporte e consiste no acúmulo dos detritos no leito e nas margens do rio.

Esta dinâmica recebe todo o tipo de material da bacia e distribui conforme a sua intensidade.

Assim, embora os sedimentos depositados possam resultar principalmente do transporte de carga durante um fluxo de cheia constante, a instabilidade do fluxo também desempenha um papel importante na resultante textural, da química e da instalação da biota, uma vez que o habitat é que deve ser considerado.

Os efeitos de alguma deposição a partir da carga suspensa também deves ser considerado.

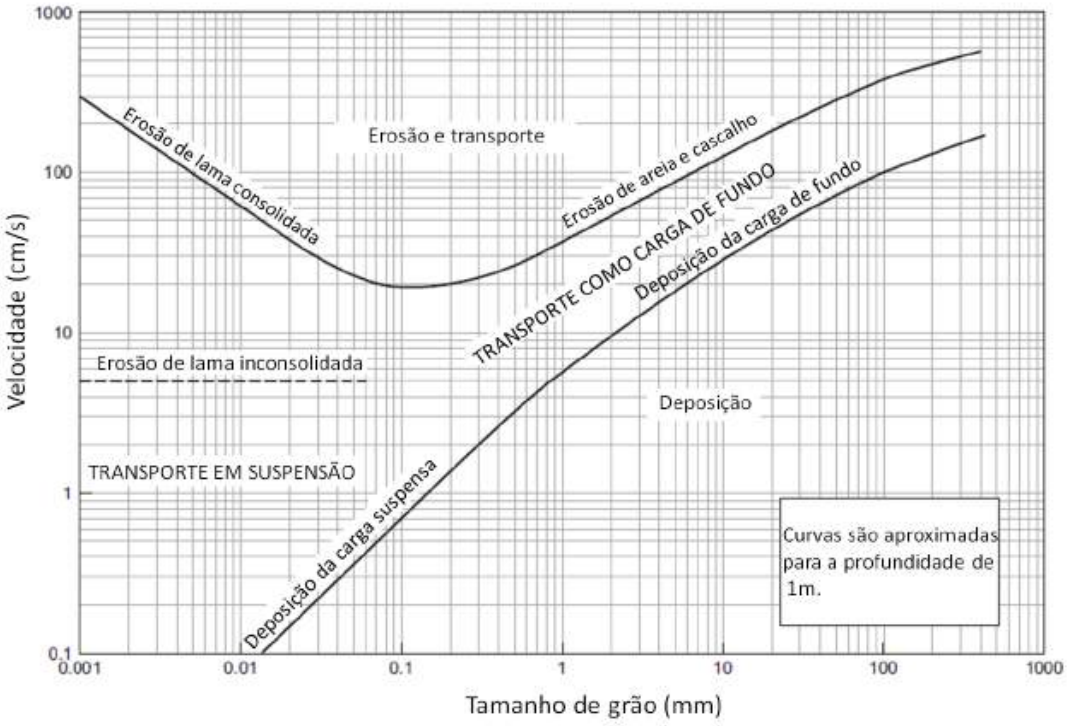
No caso de fluxos unidirecionais, como o do arroio Candiota, as três subpopulações reconhecidas são associadas à carga de fundo "fluência de superfície" (subpopulação mais grosseira), saltação (tamanhos de grãos intermediários) e suspensão (tamanho de grãos menores). Ver o diagrama de Hjulström, Figura 53.

A natureza dos segmentos de linha reta e das “quebras” foram relacionadas com a importância dos três mecanismos de transporte que operam durante a deposição, presumivelmente distintos em diferentes ambientes de deposição. Outros autores utilizaram esta técnica no reconhecimento de ambientes deposicionais antigos (por exemplo, Holmes e Oliver, 1973; Glaister e Nelson, 1974; Amaral e Pryor, 1977; Moshrif, 1980). Uma abordagem semelhante defendida por Middleton e muitos outros, referências citadas em Middleton, 1976; Middleton e Southard, 1978) assume que as distribuições de tamanho de grão compreendem duas ou mais subpopulações log-Gaussianas sobrepostas. Cada subpopulação está novamente associada a um modo de transporte distinto, mas neste caso os modos foram considerados como "tração" (rolamento, arrasto e saltação - isto é, carga no leito), suspensão intermitente e suspensão.

No diagrama de Hjulström, Figura 53, são representadas as curvas experimentais que explicam a influência da velocidade da corrente e da dimensão dos materiais, nos

processos de erosão, transporte e deposição. Quanto maior for a velocidade do fluxo maior será a tendência a erosão e quanto maior for a partícula, mais difícil será o transporte desta e maior a tendência a deposição.

Figura 53 - Diagrama de Hjulström (Modificado de Nichols, 2009).



Quadro 64 - Distribuição dos tamanhos de grãos das unidades amostrais recolhidas no ano amostral, primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023

Primavera (2022)	AreiaMto Grossa(%)	AreiaGrossa(%)	Areia Media(%)	Areia Fina(%)	Areia MuitoFina(%)	Silte (%)	Argila(%)	Total (%)
1BE	10,23	35,22	12,6	4,27	1,57	16,86	19,25	100
2BE	0,67	2,18	13,87	26,42	11,22	25,57	20,07	100
3BE	83,47	14,46	0,22	0,83	0,08	0	0,94	100
4BE	17,8	49,36	25,38	3,04	0,31	1,71	2,4	100
5BE	51,9	35,42	5,99	2,45	0,85	0,01	3,38	100
6BE	15,81	32,47	29,94	9,7	2,08	3,1	6,9	100
7BE	7,77	56,35	22,97	1,59	2,42	3,7	5,2	100
8BE	44,14	30,93	9,78	4,02	1,34	3,79	6	100
Verão 2023	Areia Mto Grossa (%)	Areia Grossa(%)	Areia Média(%)	Areia Fina(%)	Areia Mto Fina(%)	Silte(%)	Argila(%)	Total (%)
1BF	19,59	54,56	22,12	0,63	0,1	0	3	100
2BF	34,81	47,38	12,16	1,79	0,22	0	3,64	100
3BF	59,81	34,07	4,43	0,11	0,08	0	1,5	100
4BF	44,69	42,34	8,54	1,47	0,17	0	2,79	100
5BF	62,4	31,62	1,93	0,09	0,16	0	3,8	100
6BF	47,41	32,35	10,67	1,27	0,3	1,92	6,08	100
7BF	81,61	10,24	1,47	0,5	1,18	2	3	100
8BF	57,67	32,53	6,62	2,46	0,72	0	0	100
Outono	Areia Mto Grossa (%)	Areia Grossa(%)	Areia Média(%)	Areia Fina(%)	Areia Mto Fina(%)	Silte(%)	Argila(%)	Total (%)
1BG	8,8	28,15	27,65	15,25	2,65	7	10,5	100
2BG	28,41	44,36	17,99	4,44	0,449	0,001	4,35	100
3BG	18,39	31,38	27,52	10,7	2,81	2,3	6,9	100
4BG	46,45	40,22	6,18	1,35	0,341	0,059	5,4	100
5BG	27,74	48,05	15,12	2,31	0,54	0,24	6	100
6BG	32,75	40,5	11,66	2,28	0,41	3,6	8,8	100
7BG	4,07	54,26	31,02	2,26	1,08	0,01	7,3	100
8BG	8	26,83	35,89	14,88	3,1	4,5	6,8	100
Outono	Areia Mto Grossa (%)	Areia Grossa(%)	Areia Média(%)	Areia Fina(%)	Areia Mto Fina(%)	Silte(%)	Argila(%)	Total (%)
1BH	25,19	56,5	13,48	0,47	0,16	3	1,2	100
2BH	17,18	33,81	36,56	7,65	0,4	1,5	2,9	100
3BH	38,54	39,12	15,4	4,72	0,57	0,69	0,96	100
4BH	74,72	21,9	0,6	0,14	0,14	2,5	0	100
5BH	0,84	9,76	20,75	15,85	6,59	27,15	19,06	100
6BH	41,35	42,39	4,8	1,08	0,68	4,3	5,4	100
7BH	0,77	9,95	37,62	25,95	8,56	9,7	7,45	100
8BH	5,06	42,04	47,13	4,1	0,27	1,4	0	100

2.5.20. Concentrações e distribuições dos metais

Os processos geoquímicos determinam a migração, a dispersão e a redistribuição dos elementos químicos e estes por sua vez condicionam os processos de distribuição dos elementos químicos no planeta.

Os elementos químicos em condições naturais agrupam-se segundo regras de comportamento e de afinidade, favorecendo o prognostico referente a presença ou ausência de determinado elemento frente a detecção de um outro elemento químico, frente a afinidades geoquímica. No entanto, este princípio básico transformado em paradigma pela geoquímica, nos campos de conhecimentos da petrologia, da metalogênia e da prospecção mineral nem sempre são obedecidos quando as atividades antropogênicas atuam a ponto de influenciar o sistema ambiental.

Estes princípios de associações geoquímicas respondem perfeitamente em condições naturais, mas acontecerão muitas restrições a estas associações quando houver somatórios de condições distintas dos naturais preponderando influencias antropogênicas.

Pode-se, portanto, a partir disto encontrarem-se associações sem previsão, uma vez que as regras geoquímicas serão relegadas, frente a intensidade das interferências antropogênicas no meio natural.

As análises multivariadas aplicadas aos sedimentos do arroio Candiota é a busca por relações existentes na bacia entre os elementos químicos com base nas suas taxas de concentração sedimentar.

O Quadro 65 e Quadro 66 apresentam respectivamente as concentrações resultantes do ataque forte e de ataque fraco às amostras de sedimentos de corrente do Arroio Candiota, nas Campanhas Amostrais BE (primavera de 2022), BF (verão de 2023), BG (outono de 2023) e BH (inverno de 2023).

Quadro 65 - Respostas das análises da concentração total (ataque forte, residual) dos metais nas amostras dos sedimentos de fundo da Calha do Arroio Candiota, unidades amostrais recolhidas, nas Campanhas Amostrais BE (**primavera** de 2022), BF (**verão** de 2023), BG (**outono** de 2023) e BH (**inverno** de 2023)

Metais Totais	Altot(ppm)	Astot(ppm)	Cdtot(ppm)	Pbtot(ppm)	Cutot(ppm)	Crtot(ppm)	Fetot(ppm)	Mntot(ppm)	Hgtot(ppm)	Nitot(ppm)	Zntot(ppm)
1BE	247,67	0,27	0,27	0,27	0,27	1,41	1350,52	59,77	0,02	0,53	0,95
2BE	1818,93	2,72	0,27	34,11	4,27	6,35	4189,22	386,29	0,03	5,44	42,21
3BE	412,99	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1429,52	165,68	0,02	3,15	1,95
4BE	664,52	1,44	1,44	1,62	1,44	2,27	3650,72	105,30	0,02	2,88	18,53
5BE	218,09	0,31	0,31	0,31	0,31	0,41	781,36	58,43	0,02	0,68	1,52
6BE	504,95	0,34	0,34	0,99	0,34	0,78	2262,78	42,14	0,02	2,04	4,67
7BE	615,99	0,32	0,32	0,32	0,32	0,54	1089,86	266,45	0,02	1,97	4,62
8BE	1535,71	0,18	1,78	0,18	0,18	2,52	5400,96	165,51	0,03	3,56	154,57
1BF	837,64	0,64	0,64	0,64	1,54	1,32	2126,40	214,20	0,04	1,29	3,50
2BF	1939,93	0,66	0,66	0,66	1,69	3,51	4419,32	145,19	0,04	1,68	8,29
3BF	525,40	0,60	0,60	5,18	1,33	0,82	1064,39	54,24	0,04	1,20	1,42
4BF	1851,89	0,49	0,49	0,49	2,66	5,09	9262,69	102,97	0,03	3,96	23,33
5BF	435,06	0,62	0,62	3,09	1,68	1,00	1138,42	21,95	0,04	1,24	1,77
6BF	488,57	3,09	3,09	7,79	9,04	3,09	1271,10	23,41	0,04	6,19	3,09
7BF	504,36	0,59	0,59	0,59	1,31	0,94	1113,81	204,34	0,04	1,19	1,08
8BF	1479,99	0,64	0,64	38,75	3,65	3,01	4736,58	96,82	0,04	1,60	48,01
1BG	549,77	0,07	0,07	0,33	1,96	1,75	2255,46	157,13	0,02	0,66	2,48
2BG	1225,34	0,06	0,01	1,49	2,19	9,70	6738,15	189,01	0,02	5,28	11,02
3BG	585,60	0,06	0,06	0,28	1,23	1,68	2005,47	77,07	0,02	0,69	4,28
4BG	875,52	0,50	0,01	1,23	1,23	5,93	4249,73	201,71	0,01	4,85	20,28
5BG	356,32	0,06	0,01	0,30	1,28	0,82	1378,46	84,75	0,02	0,66	4,56
6BG	115,88	0,07	0,01	1,71	1,71	6,02	3928,24	55,58	0,02	5,53	8,16
7BG	462,10	0,07	0,01	0,33	1,02	0,57	1431,72	218,89	0,02	0,83	3,33
8BG	96,95	0,07	0,01	1,85	1,85	7,60	3623,51	144,35	0,02	5,91	47,37
1BH	762,79	0,06	0,01	0,32	0,32	0,32	2741,60	155,20	0,02	0,65	1,51
2BH	1513,71	0,06	0,01	2,00	0,31	0,31	2541,08	156,02	0,02	0,62	4,95
3BH	754,28	0,06	0,01	2,42	0,29	0,29	1890,12	106,88	0,02	0,57	2,02
4BH	1284,63	0,06	0,01	1,71	0,29	0,85	3301,36	159,94	0,02	1,33	13,97
5BH	3598,08	0,07	0,01	6,65	0,36	1,46	5673,76	626,57	0,02	3,44	15,91
6BH	2370,51	0,07	0,01	5,26	0,37	0,60	6781,26	251,25	0,02	6,13	29,16
7BH	1809,86	0,07	0,01	4,15	0,33	0,33	2672,02	310,19	0,02	1,41	6,34
8BH	973,92	0,07	0,01	2,36	0,33	1,06	3216,00	288,00	0,02	0,77	43,90

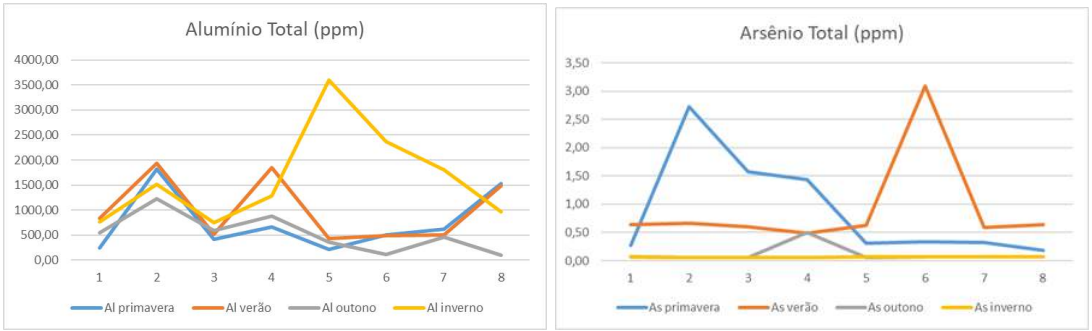
Nota: Os limites de detecção foram usados como resposta analítica, numérica, para que os valores não fossem determinados como "ausentes" (valores "missing"). Ao colocarem-se os limites de detecção como resposta corre-se o risco de superestimar a presença do metal medido, no entanto isto é feito dentro do contexto de ser a analise maximamente restritiva.
Os valores de limite de detecção estão expostos nos laudos laboratoriais em anexo.

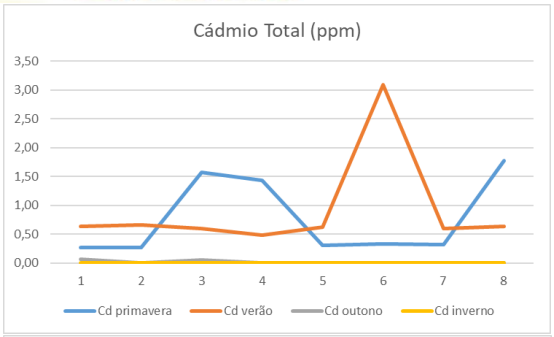
Quadro 66 - Respostas das análises da concentração "potencialmente móvel" (ataque fraco, não residual) dos metais nas amostras dos sedimentos de fundo da Calha do Arroio Candiota, unidades amostrais, recolhidas nas Campanhas Amostrais BE (**primavera** de 2022), BF (**verão** de 2023), BG (**outono** de 2023) e BH (**inverno** de 2023).

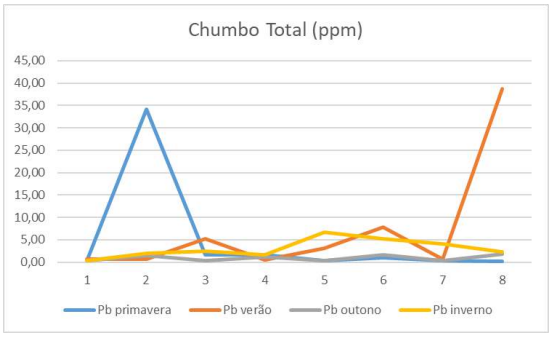
Primavera (2022)	Al mov ppm	As mov ppm	Cd mov ppm	Pb mov ppm	Cu mov ppm	Cr mov ppm	Fe mov ppm	Hg mov ppm	Mn mov ppm	Ni mov ppm	Zn mov ppm
1BE	23,95	0,25	0,25	0,25	0,25	0,973	5,59	0,0025	13,91	0,25	0,25
2BE	4,98	0,25	0,25	0,25	0,25	0,926	5,63	0,0025	189,85	0,25	3,13
3BE	5,32	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	5,96	0,0025	35,64	0,25	0,25
4BE	4,84	0,25	0,25	0,25	0,25	0,798	5,1	0,0025	26,88	0,25	4,64
5BE	3,47	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	6,03	0,0025	23,35	0,25	0,25
6BE	113,27	0,25	0,25	0,25	0,25	0,555	46,9	0,0025	16,58	1,58	3,44
7BE	3,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	5,5	0,0025	40,34	1,03	0,25
8BE	53,04	0,25	0,25	0,25	0,25	0,85	27,53	0,0025	125,98	0,25	91,3
Verão 2023	**Al mov ppm**	**As mov ppm**	**Cd mov ppm**	**Pb mov ppm**	**Cu mpv ppm**	**Cr mov ppm**	**Fe mov ppm**	**Hg mov ppm**	**Mn mov ppm**	**Ni mov ppm**	**Zn mov ppm**
1BF	15,88	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	20,57	0,0025	6,37	0,251	1,61
2BF	10,22	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	5,29	0,0025	17,7	0,25	0,25
3BF	104,56	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	3,16	0,0025	44,07	0,25	0,619
4BF	1,47	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,0025	7,78	0,25	0,353
5BF	5,04	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	7,72	0,0025	12,91	0,25	0,779
6BF	161,98	1,25	1,25	1,36	1,25	1,25	92,18	0,0025	9,84	1,25	1,25
7BF	53,23	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1,33	0,0025	7,19	0,25	0,791
8BF	45,13	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	60,4	0,0025	56,06	0,318	32,78
Outono	**Al mov ppm**	**As mov ppm**	**Cd mov ppm**	**Pb mov ppm**	**Cu mpv ppm**	**Cr mov ppm**	**Fe mov ppm**	**Hg mov ppm**	**Mn mov ppm**	**Ni mov ppm**	**Zn mov ppm**
1BG	9,67	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	3,73	0,0025	51,12	0,25	1,24
2BG	335,95	0,05	0,005	0,25	0,938	1,7	1901,31	0,00725	53,41	0,528	3,01
3BG	6,56	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	2,23	0,00743	20,82	0,25	0,461
4BG	9,29	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	3,04	0,00721	36,64	0,268	4,83
5BG	6,76	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	2,52	0,00746	13,52	0,25	1,24
6BG	41,23	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	22,96	0,00732	26,44	0,795	2,92
7BG	6,15	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	2,86	0,00718	19,66	0,25	0,389
8BG	31,4	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	214,37	0,00718	71,84	0,405	27,15
Outono	**Al mov ppm**	**As mov ppm**	**Cd mov ppm**	**Pb mov ppm**	**Cu mpv ppm**	**Cr mov ppm**	**Fe mov ppm**	**Hg mov ppm**	**Mn mov ppm**	**Ni mov ppm**	**Zn mov ppm**
1BH	116,39	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	479,49	0,0025	13,31	0,25	0,25
2BH	2,53	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	0,25	0,0025	18,65	0,25	0,25
3BH	1,94	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	1,2	0,0025	10,31	0,25	0,25
4BH	4,94	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	2,37	0,0025	14,35	0,25	2,24
5BH	21,4	0,133	0,0133	0,91	0,91	0,91	8,92	0,00909	574,57	2,21	12,56
6BH	303,48	0,156	0,00156	1,21	1,00	1,00	871,75	0,01	87,59	4,96	18,39
7BH	14,65	0,136	0,00136	0,93	0,93	0,93	37,8	0,00926	135,01	0,964	0,926
8BH	11,26	0,131	0,0131	1,00	1,00	1,00	3,62	0,01	193,25	1,00	35,25

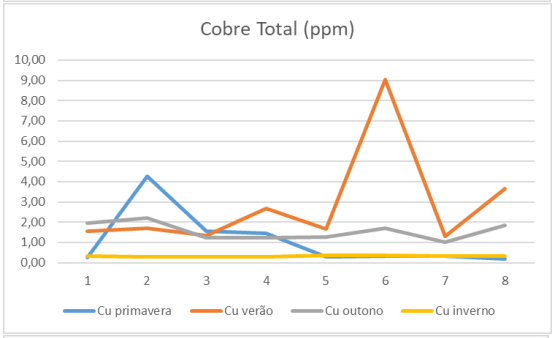
Nota: Os limites de detecção foram usados como resposta analítica, numérica, para que os valores não fossem determinados como "ausentes" (valores "missing"). Ao colocarem-se os limites de detecção como resposta corre-se o risco de superestimar a presença do metal medido, no entanto isto é feito dentro do contexto de ser a analise maximamente restritiva.
Os valores de limite de detecção estão expostos nos laudos laboratoriais em anexo.

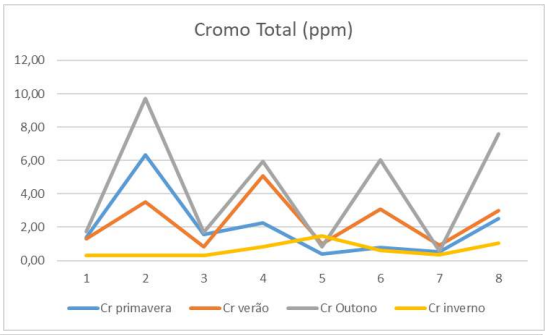
Figura 54: Variação dos metais do estudo, nas estações amostrais, para cada metal do estudo, na sazonalidade. As linhas são contínuas, deveriam matematicamente serem representadas por barras, mas, apesar do erro proposital, fica melhor para visualizar o comportamento dado pelas concentrações dos metais totais medidos.

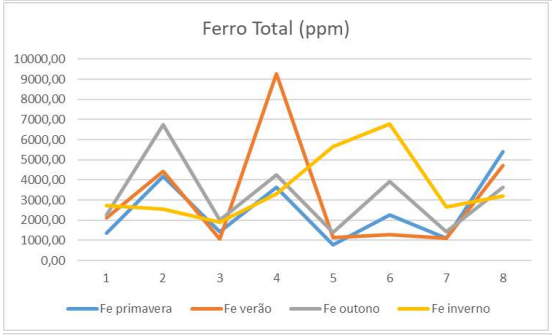


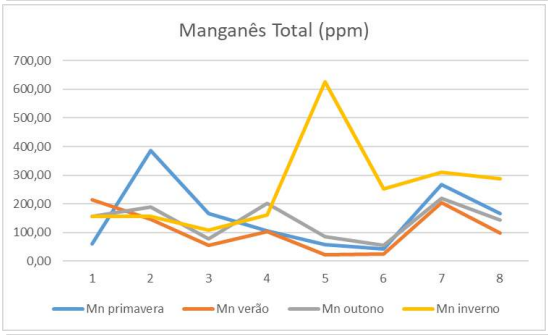

Cádmio Total (ppm)
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
1 2 3 4 5 6 7 8
Cd primavera
Cd verão
Cd outono
Cd inverno

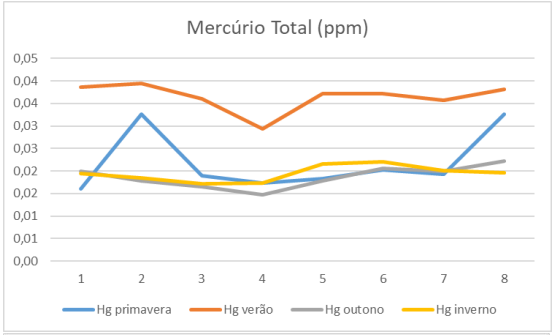

Chumbo Total (ppm)
45,00
40,00
35,00
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
1 2 3 4 5 6 7 8
Pb primavera
Pb verão
Pb outono
Pb inverno

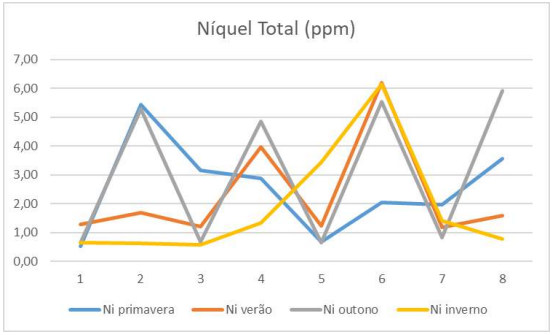

Cobre Total (ppm)
10,00
9,00
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
1 2 3 4 5 6 7 8
Cu primavera
Cu verão
Cu outono
Cu inverno

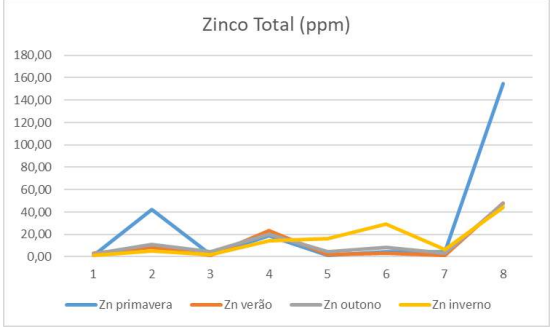

Cromo Total (ppm)
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
1 2 3 4 5 6 7 8
Cr primavera
Cr verão
Cr Outono
Cr inverno


Ferro Total (ppm)
10000,00
9000,00
8000,00
7000,00
6000,00
5000,00
4000,00
3000,00
2000,00
1000,00
0,00
1 2 3 4 5 6 7 8
Fe primavera
Fe verão
Fe outono
Fe inverno


Manganês Total (ppm)
700,00
600,00
500,00
400,00
300,00
200,00
100,00
0,00
1 2 3 4 5 6 7 8
Mn primavera
Mn verão
Mn outono
Mn inverno

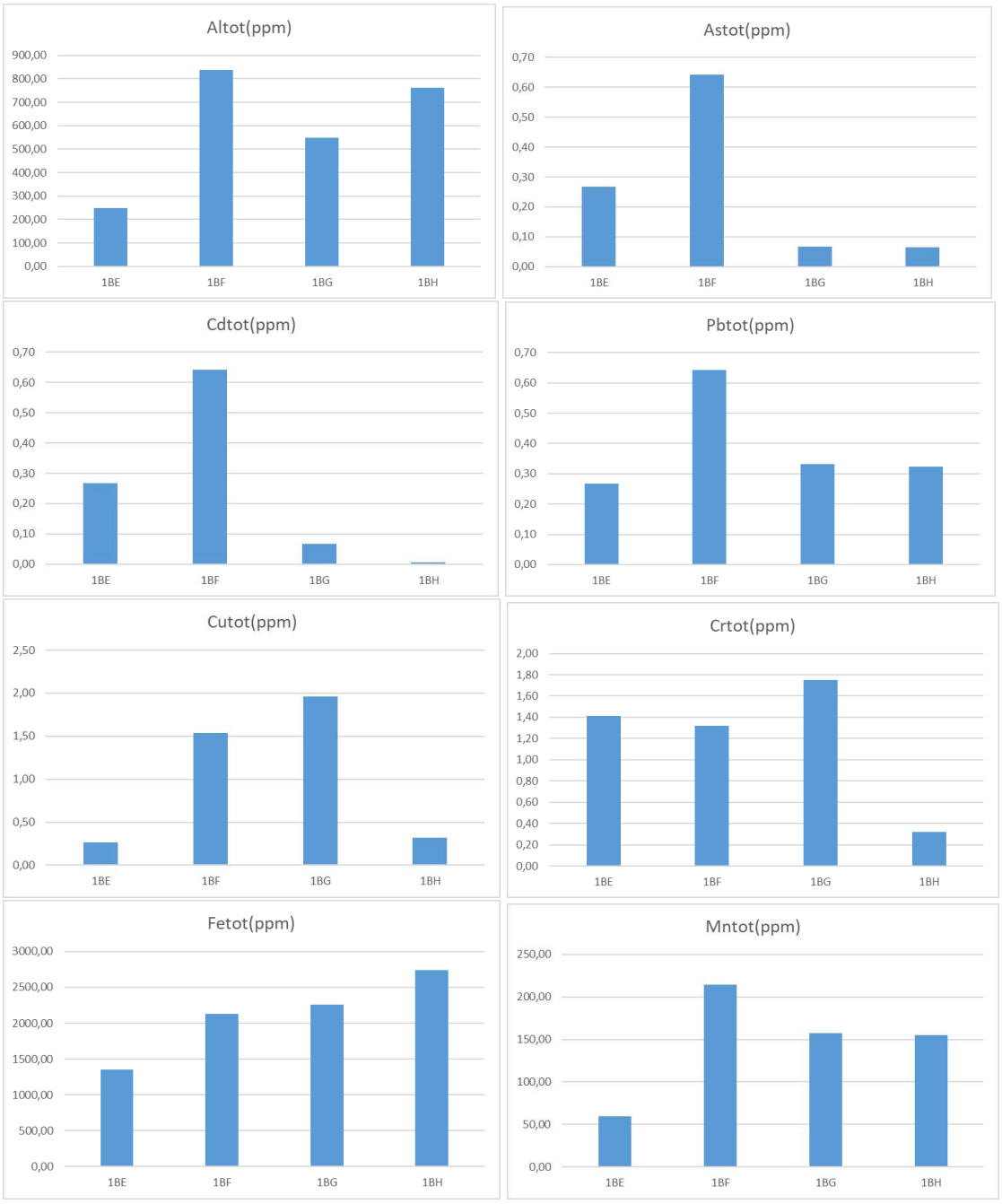

Mercúrio Total (ppm)
0,05
0,04
0,04
0,03
0,03
0,02
0,02
0,01
0,01
0,00
1 2 3 4 5 6 7 8
Hg primavera
Hg verão
Hg outono
Hg inverno


Níquel Total (ppm)
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
1 2 3 4 5 6 7 8
Ni primavera
Ni verão
Ni outono
Ni inverno


Zinco Total (ppm)
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
1 2 3 4 5 6 7 8
Zn primavera
Zn verão
Zn outono
Zn inverno

Nas figuras 56 até 63 apresentam-se os diagramas de barra, por estação amostral, mostrando o comportamento dado pelas concentrações obtidas para cada elemento nas estações amostrais em cada campanha amostral.

Figura 55 - Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 1, local de referência, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão outono e inverno de 2023.



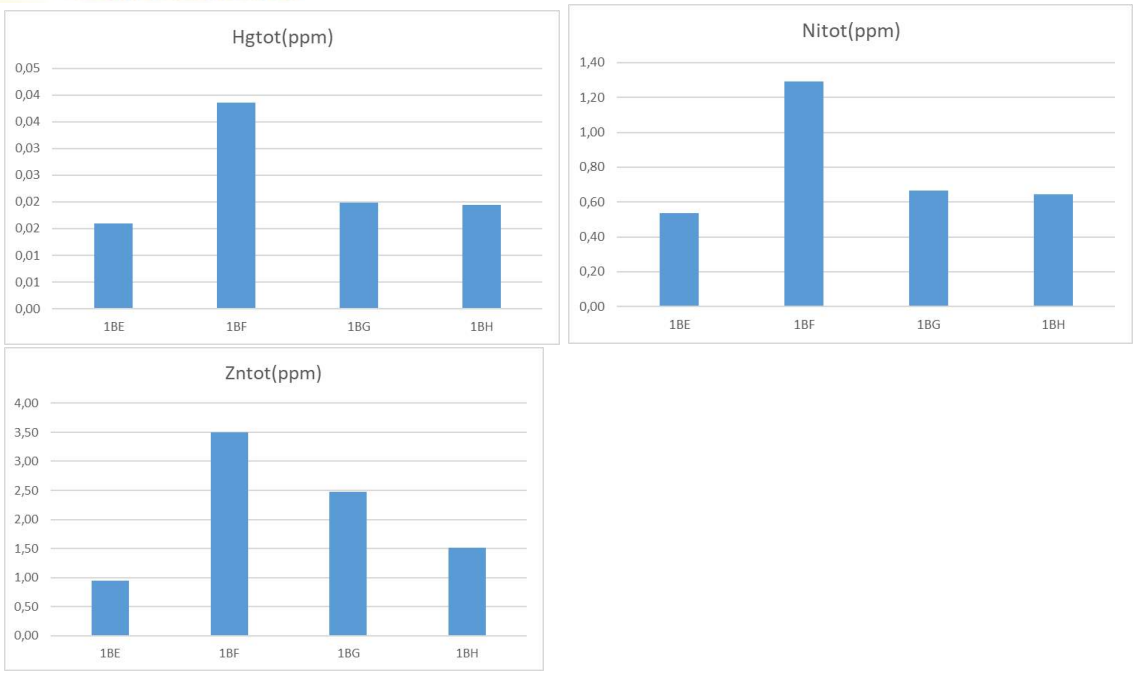
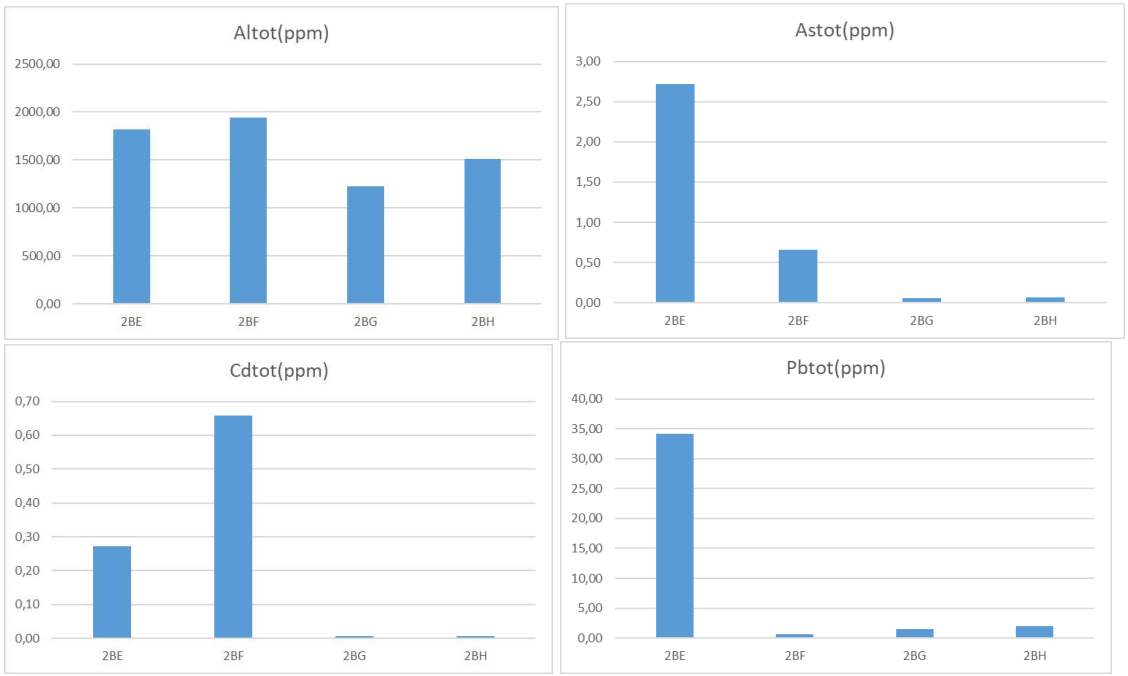
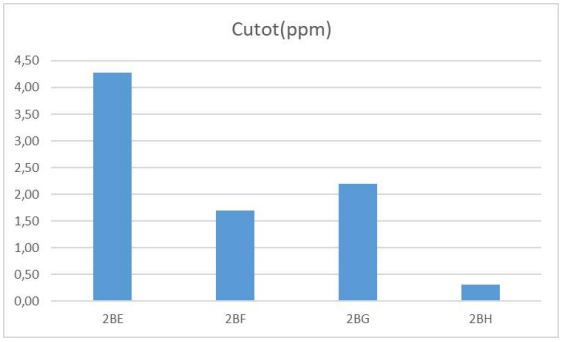
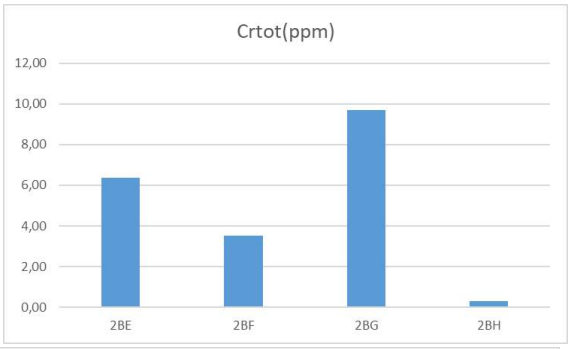
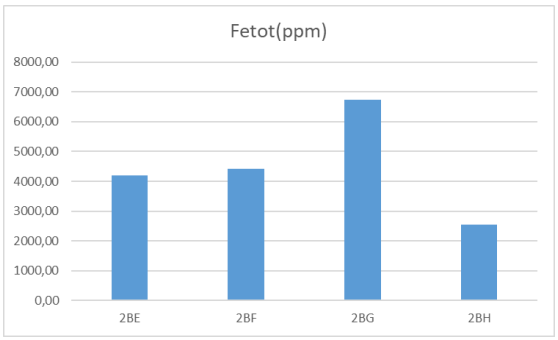


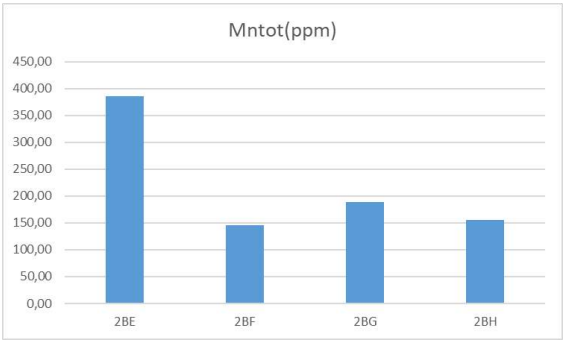
Figura 56 - Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 2, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão outono e inverno de 2023

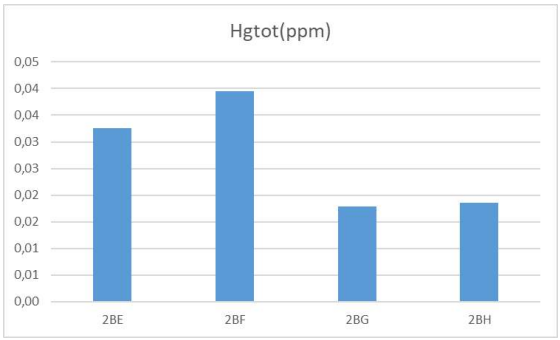


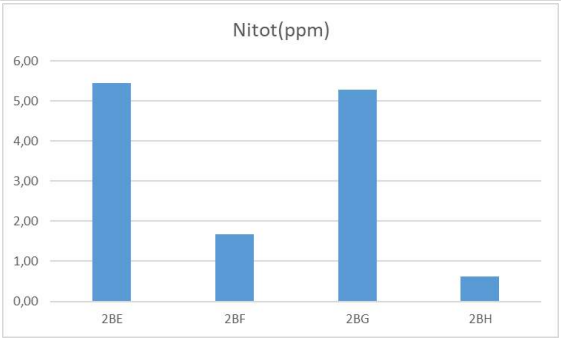

Cutot(ppm)
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
2BE
2BF
2BG
2BH


Crtot(ppm)
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
2BE
2BF
2BG
2BH


Fetot(ppm)
8000,00
7000,00
6000,00
5000,00
4000,00
3000,00
2000,00
1000,00
0,00
2BE
2BF
2BG
2BH


Mntot(ppm)
450,00
400,00
350,00
300,00
250,00
200,00
150,00
100,00
50,00
0,00
2BE
2BF
2BG
2BH


Hgtot(ppm)
0,05
0,04
0,04
0,03
0,03
0,02
0,02
0,01
0,01
0,00
2BE
2BF
2BG
2BH


Nitot(ppm)
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
2BE
2BF
2BG
2BH

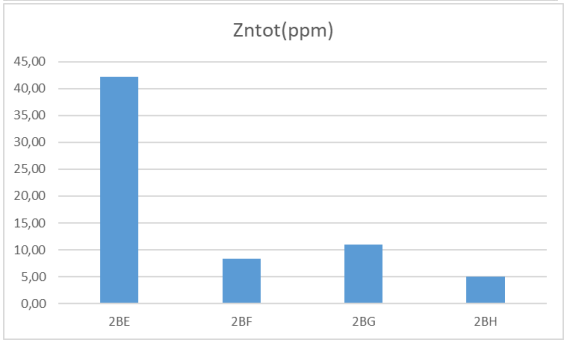

Zntot(ppm)
45,00
40,00
35,00
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
2BE
2BF
2BG
2BH

Figura 57: Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 3, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023.



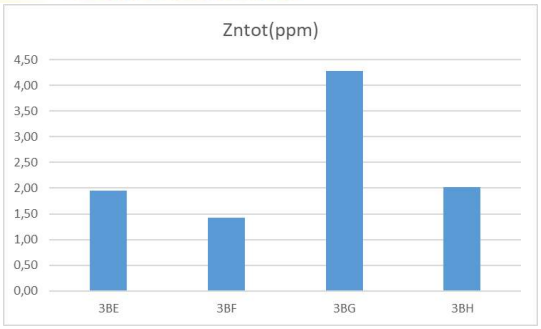
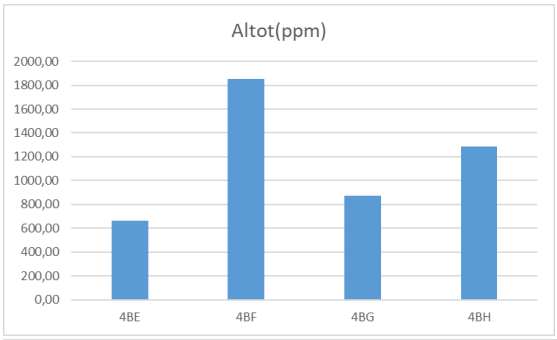
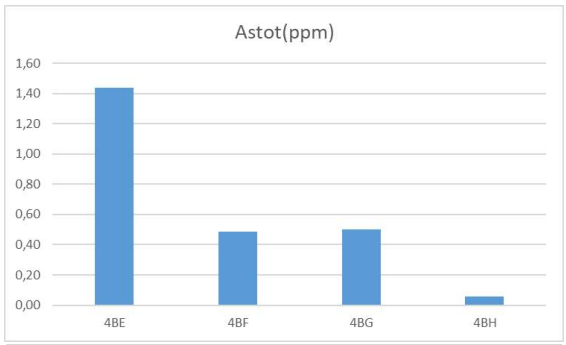
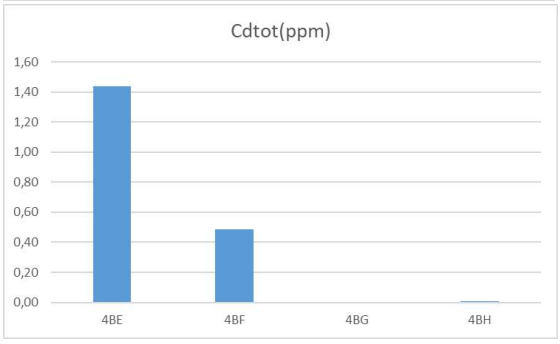
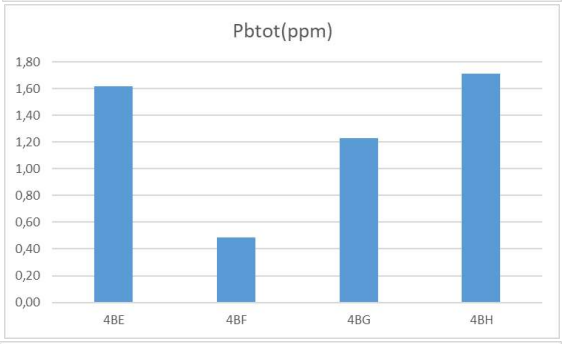


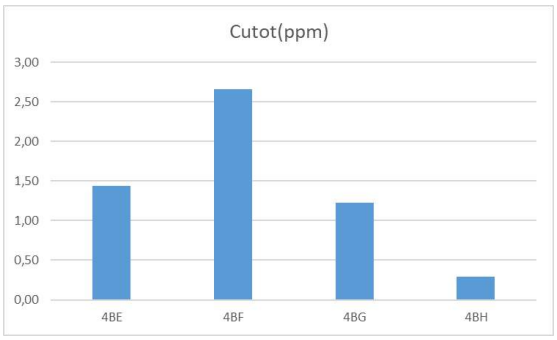
Figura 58: Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 4, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023

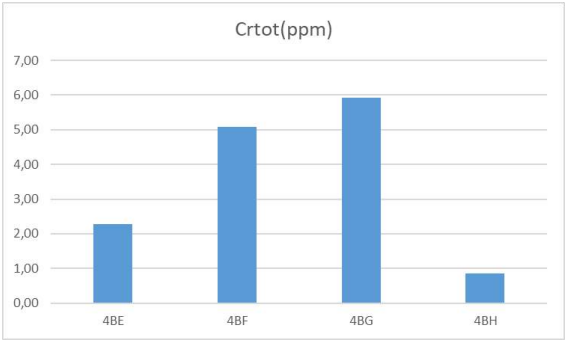


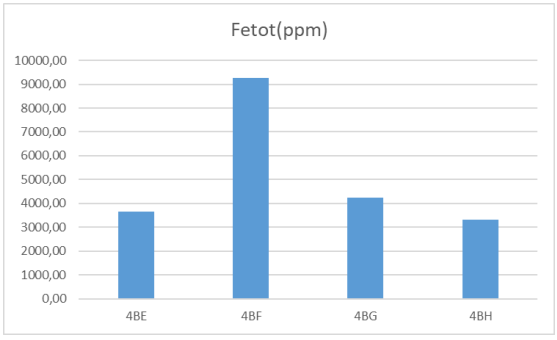


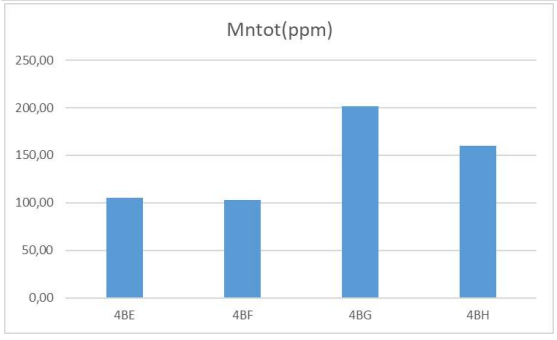












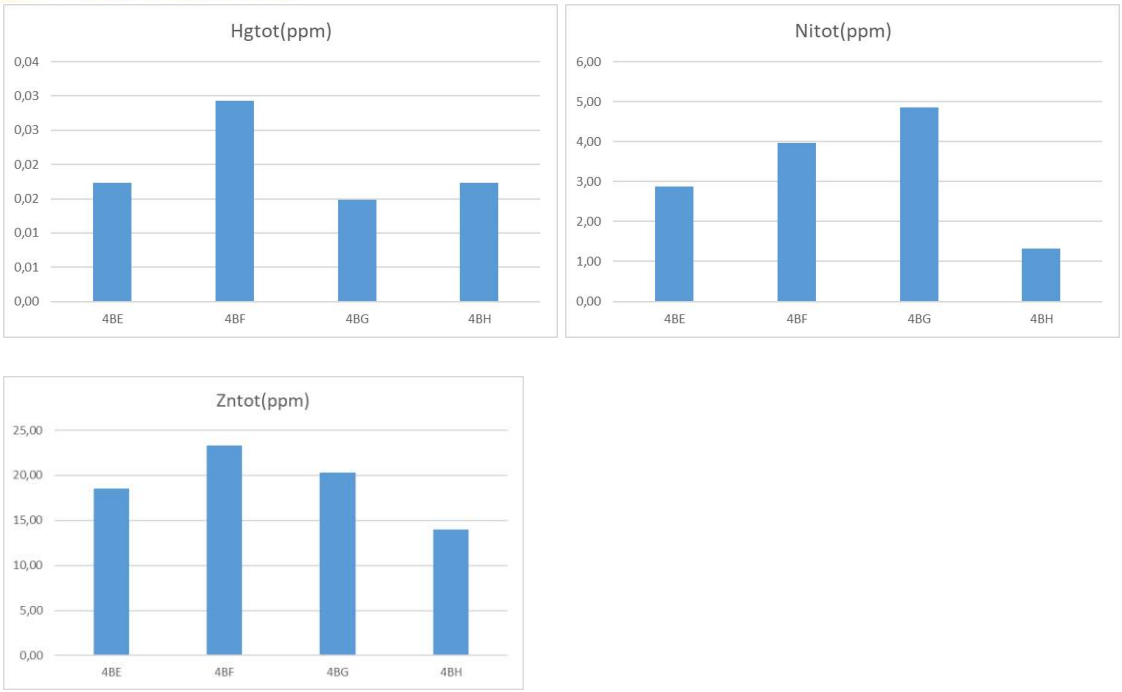
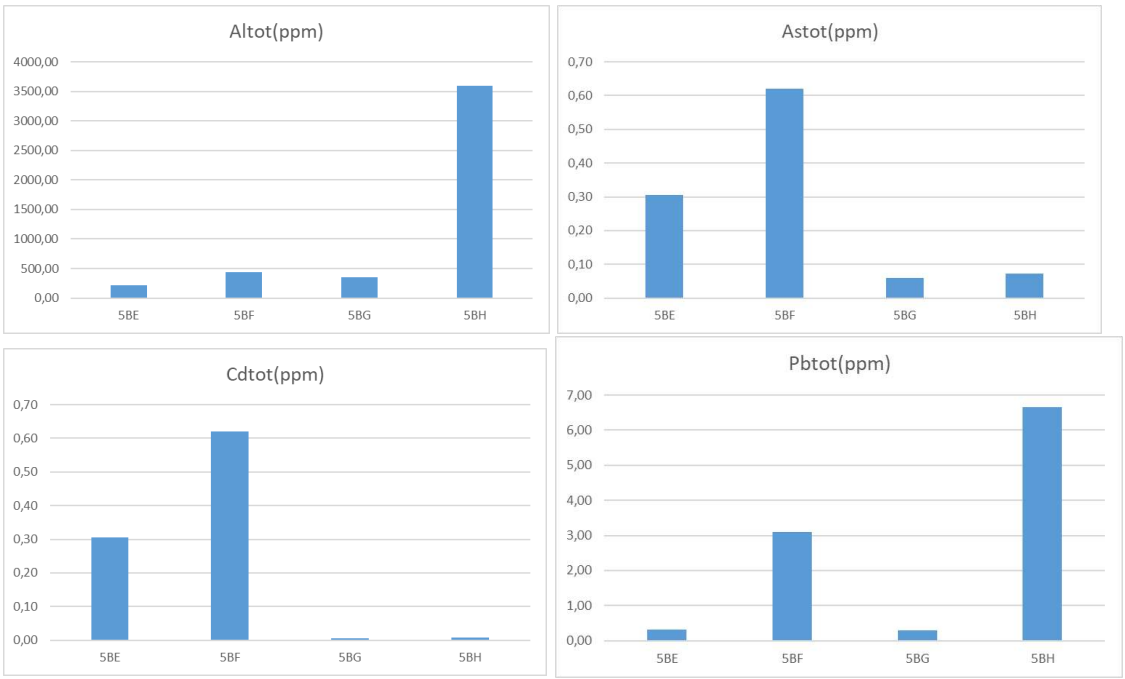
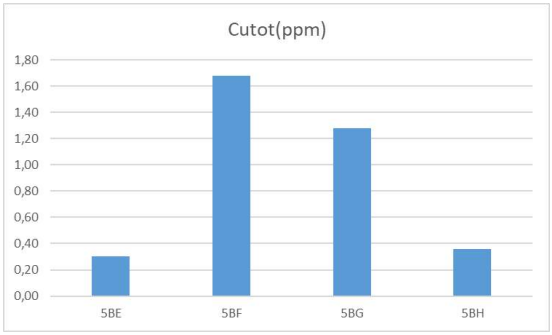
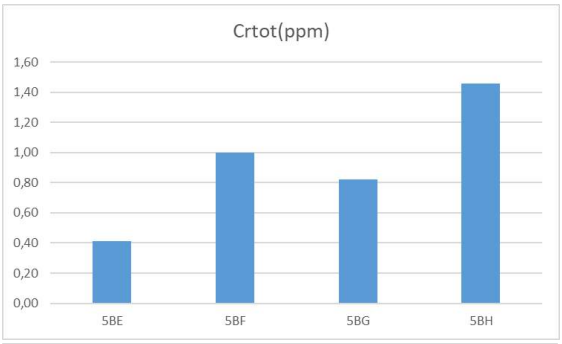
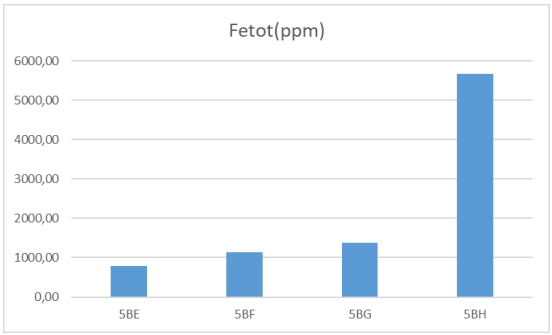


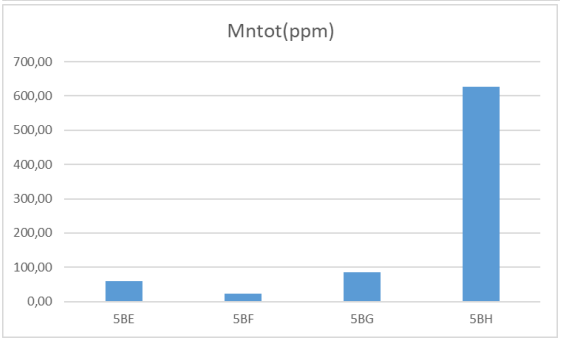
Figura 59: Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 5, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão outono e inverno de 2023

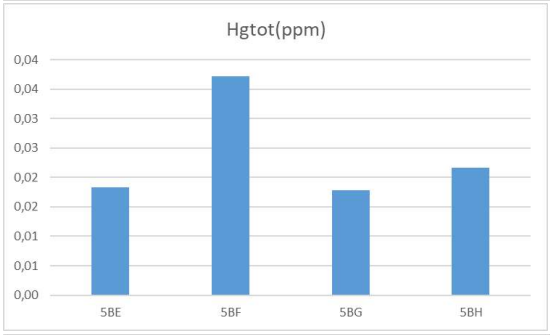


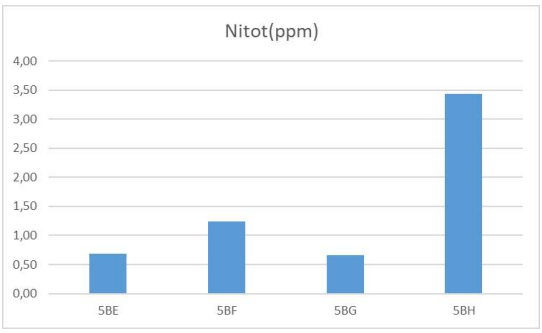

Cutot(ppm)
1,80
1,60
1,40
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
5BE
5BF
5BG
5BH


Crtot(ppm)
1,60
1,40
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
5BE
5BF
5BG
5BH


Fetot(ppm)
6000,00
5000,00
4000,00
3000,00
2000,00
1000,00
0,00
5BE
5BF
5BG
5BH


Mntot(ppm)
700,00
600,00
500,00
400,00
300,00
200,00
100,00
0,00
5BE
5BF
5BG
5BH


Hgtot(ppm)
0,04
0,04
0,03
0,03
0,02
0,02
0,01
0,01
0,00
5BE
5BF
5BG
5BH


Nitot(ppm)
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
5BE
5BF
5BG
5BH

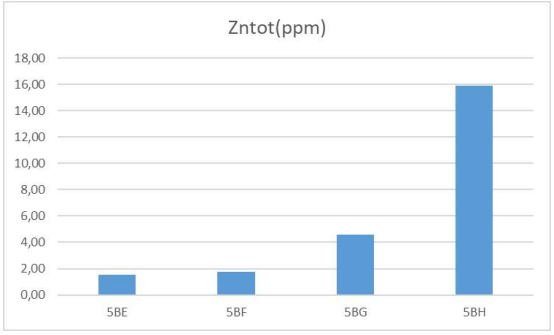
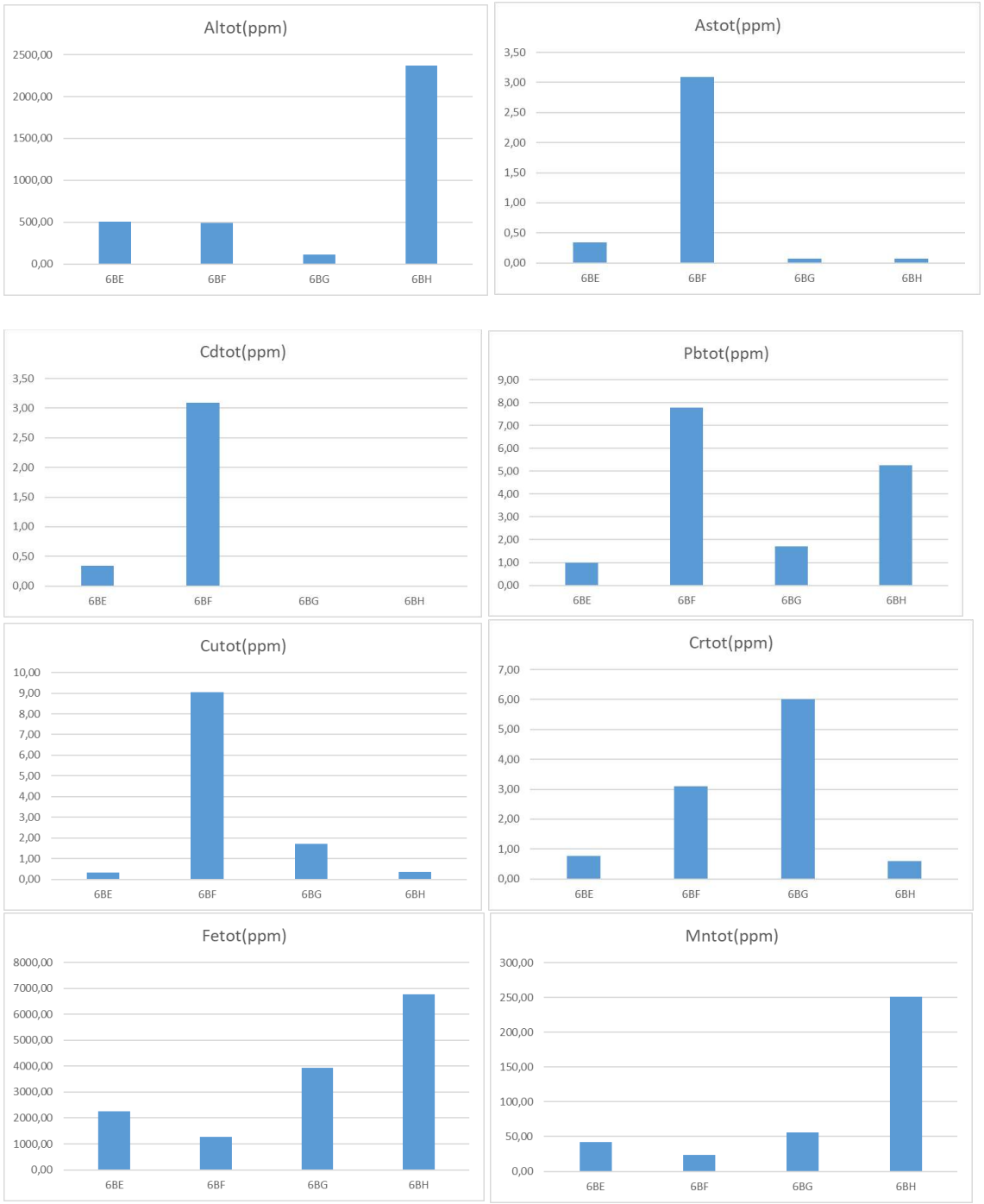

Zntot(ppm)
18,00
16,00
14,00
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
5BE
5BF
5BG
5BH

Figura 60 - Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 6, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão outono e inverno de 2023



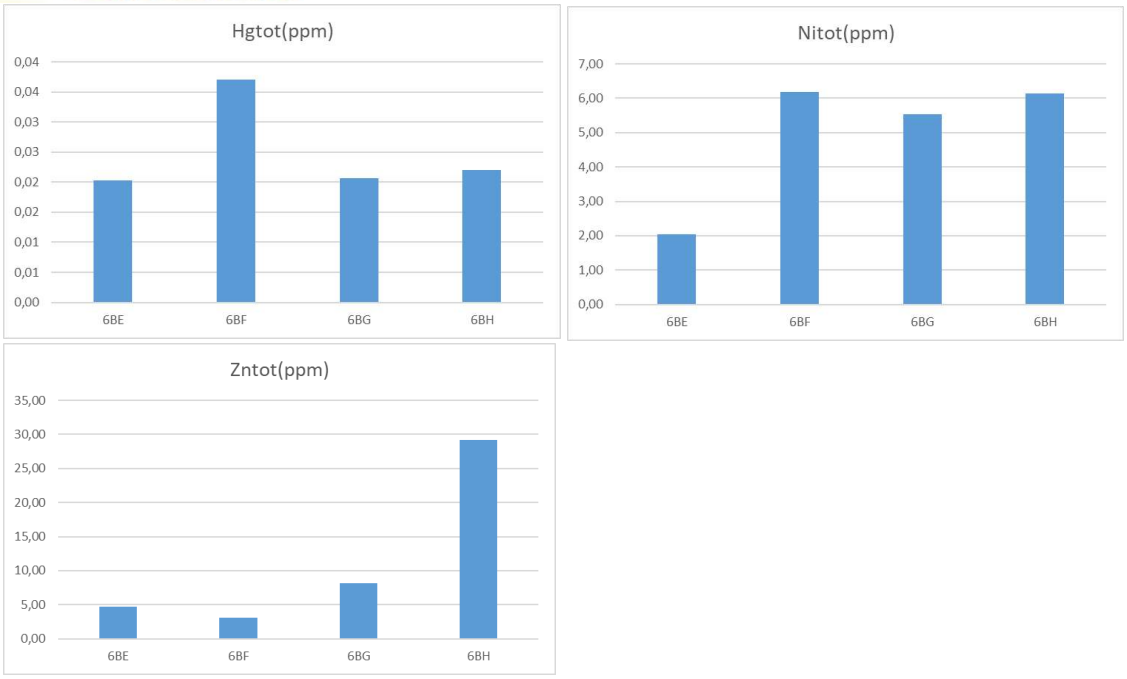
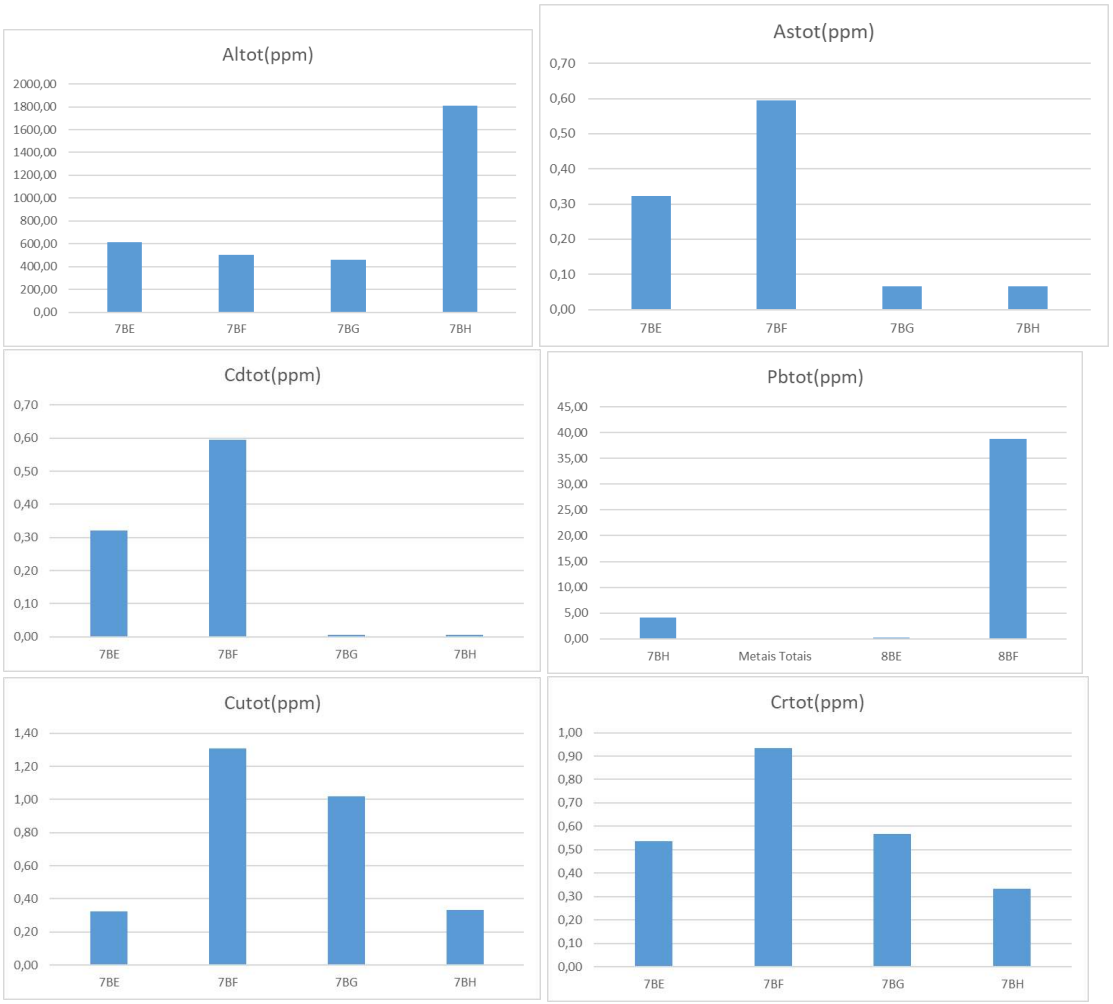
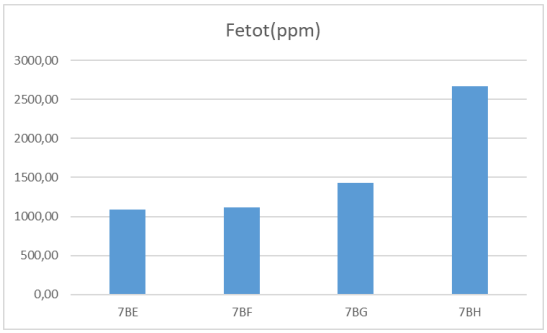
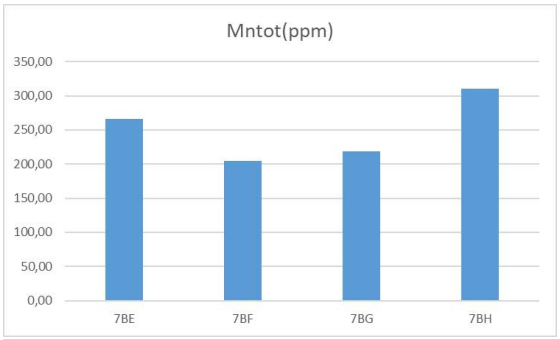
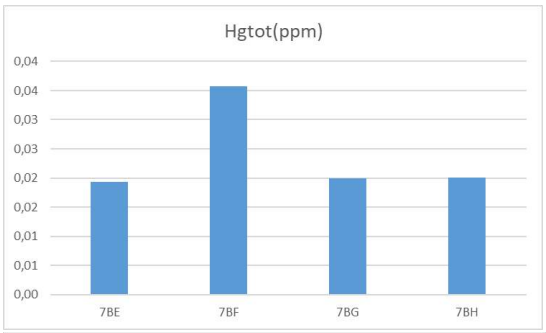


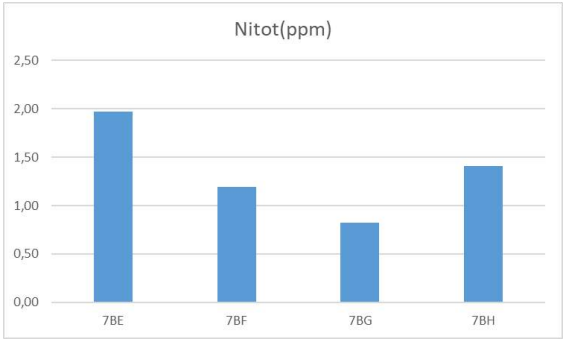
Figura 61 - Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 7, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão outono e inverno de 2023




Fetot(ppm)
3000,00
2500,00
2000,00
1500,00
1000,00
500,00
0,00
7BE
7BF
7BG
7BH


Mntot(ppm)
350,00
300,00
250,00
200,00
150,00
100,00
50,00
0,00
7BE
7BF
7BG
7BH


Hgtot(ppm)
0,04
0,04
0,03
0,03
0,02
0,02
0,01
0,01
0,00
7BE
7BF
7BG
7BH


Nitot(ppm)
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
7BE
7BF
7BG
7BH

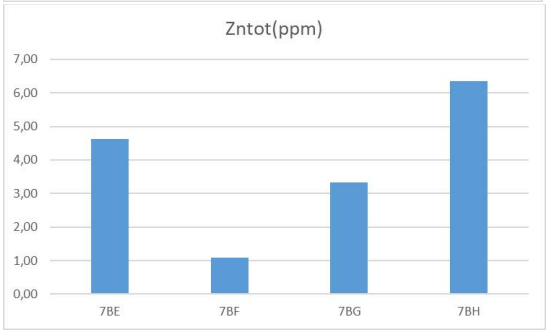
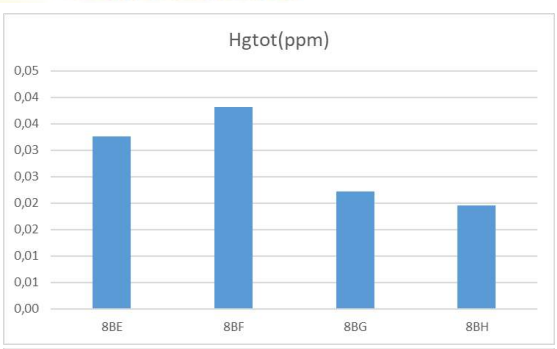
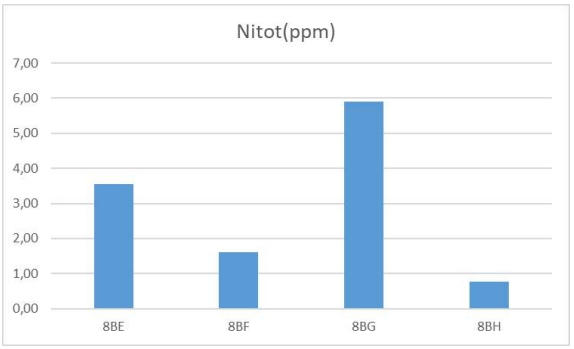
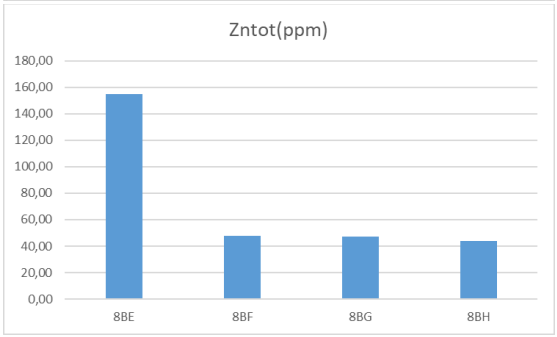

Zntot(ppm)
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
7BE
7BF
7BG
7BH

Figura 62 - Diagrama de barras, dos metais medidos nas unidades amostrais, na estação 8, derrame do efluente da Usina, nas campanhas amostrais, primavera de 2022, verão outono e inverno de 2023









2.5.21. RTR e ARTR, uma Vigilância Ambiental

A contaminação/ poluição dos sedimentos estão intimamente ligadas com a contaminação/poluição das águas e tem origem em diversas fontes, dentre as quais em especial: os efluentes domésticos, os efluentes industriais, dentre as cargas difusas as cargas urbanas, as cargas agrícolas e as cargas originárias da pecuária.

Como potencial latente do sistema do arroio Candiota, como produto da degradação continuada, estão a ocorrência de diversos nutrientes e outros elementos como potenciais contaminantes nos sedimentos de calha fluvial.

O sistema fluvial do arroio Candiota, mesmo que a coluna de água e a própria biota não apresentem concentrações acima daquelas estabelecidas pelas legislações vigentes, considera-se a complexidade da presença de metais nos sedimentos é um fato, uma vez que estes metais podem existir de diversas formas, são sempre onipresentes, variando de acordo com a natureza e estado das fontes que originaram os sedimentos, sua relação erosão-transporte-deposição, no meio, associada as liberações executadas pelos vários usos tanto como fontes pontuais e dispersas, sendo que estas últimas estão por toda a justaposição das calhas fluviais.

Os metais são onipresentes no ambiente, seja por fontes naturais somente, como também se associando as fontes antropogênicas, representadas pelos multiusos da bacia hidrográfica do arroio Candiota, tanto as fontes pontuais como as dispersas.

O carvão como deposito, como rocha, é de origem geogênica, porém o seu manuseio tecnológico, a mineração deste bem mineral faz com que seja exposto as intempéries e, portanto, após esta ação humana passa-se a considerar o carvão mineral como atividade antropogênica. Isto se aplica por exemplo a mineração dos calcários, dos mármores, na bacia hidrográfica do Candiota, são consideradas atividades antropogênicas exercidas sobre fontes geogênicas, isto igualmente se aplica a movimentação de solos, por ocasião lavra e da semeadura dos grãos na região.

Quando escrevemos fontes geogênicas, são as rochas que suportam a paisagem do lugar, os solos que existem no lugar, e que se tornam fontes dos sedimentos, respostas a erosão, transporte e deposição.

A matemática da comparação: Razão de Referência o “RTR” e Valores Agregado de Referência o “ARTR”. Consiste num tipo de normalização dos dados visando a comparação - Vigilância com base na Relativização.

Foram calculadas as razões de referências (RTR) e os valores agregados de referência (ARTR), considerando condições de referências dadas por:

1) Os resultados obtidos considerando a “condição de referência” dada pelos resultados obtidos na estação amostral 7, vide quadros 68 até 71, esta estação amostral, é a estação mais a montante da usina termelétrica e, portanto, espera-se que o sistema do arroio Candiota já tenha executado a depuração dos elementos químicos da bacia, incluindo aqui todos os multiusos;

2) Os resultados obtidos considerando a “condição de referência” dada pelos resultados obtidos na estação amostral 8, esta estação amostral representa a atividade termelétrica, vide quadros 72 até 75, a estação onde é derramado o efluente líquido, já polido, da usina Termelétrica Presidente Médici, considera-se somente um único uso, geração termelétrica;

3) os resultados obtidos considerando a condição de referência dada pelos resultados obtidos na estação amostral 6, estação que representa a atividade de mineração do carvão mineral, vide quadros 76 até 79, a estação amostral onde a frente de mineração avança sobre a estação, considera-se somente um uso, o de mineração.

4) os resultados obtidos considerando a condição de referência dada pelos resultados obtidos na estação amostral 1 o local de referência, vide quadros 80 até 83. A estação amostral mais a montante da área que, em tese, não sofre a influência da térmica.

Ao calcular as RTR-razões para referencias, para cada elemento químico estudado, elementos estes que, com suas taxas, caracterizaram o local estudado, na sazonalidade representada, a situação ambiental encontrada nas campanhas amostrais, considerando como local de referência, a estação 1. Foram consideradas ainda as seguintes condições de referência:

-Os valores obtidos nas concentrações dos elementos na estação amostral 6, representando a frente mineira e sua dinâmica;

-Os valores obtidos nas concentrações dos elementos na estação amostral 8, representando o arremesso do efluente líquido da termelétrica já tratado;

-Os valores obtidos nas concentrações dos elementos na estação amostral 7, representando o local mais a jusante da bacia que foi estudado;

- Os **valores *médios*** estatísticos obtidos em 402 medidas, desde o início do programa de monitoramento (2004).

Os valores de RTR (razão para referência) calculados estabeleceram as razões de referência elemento a elemento, para cada local de estudo, enquanto os valores ART (valor agregado para referencias) relativizaram os locais de estudo entre a referência escolhida, local a local

O uso da razão matemática permitiu comparar os resultados obtidos, foram calculadas a partir dos valores individuais (metais totais) para cada metal, para cada estação amostral e, para cada campanha amostral: BE (primavera de 2022), BF (verão de 2023), BG (outono de 2023) e BH (inverno de 2023). Foram calculadas a razão de referência e os valores agregados de referência, para cada metal (RTR) e para cada estação amostral (ARTR).

Nos quadros 68 até 83 são apresentados os resultados do cálculo da razão de referência (RTR) e do valor agregado de referência (ARTR) para as estações amostrais, julgando os valores referenciados ao local de referência, e as condições de referência estabelecidas.

Quadro 67 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 7, a estação mais a montante da Usina, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Primavera** (2022).

Metais Totais	7BE	RTR 7BE	1BE	RTR 1BE	2BE	RTR 2BE	3BE	RTR 3BE	4BE	RTR 4BE	5BE	RTR 5BE	6BE	RTR 6BE	8BE	RTR 8BE
Altot(ppm)	615,99	1,00	247,67	0,40	1818,93	2,95	412,99	0,67	664,52	1,08	218,09	0,35	504,95	0,82	1535,71	2,49
Astot(ppm)	0,322	1,00	0,267	0,83	2,72	8,45	1,57	4,88	1,44	4,47	0,305	0,95	0,338	1,05	0,178	0,55
Cdtot(ppm)	0,322	1,00	0,267	0,83	0,272	0,84	1,57	4,88	1,44	4,47	0,305	0,95	0,338	1,05	1,78	5,53
Pbtot(ppm)	0,322	1,00	0,267	0,83	34,11	105,93	1,57	4,88	1,62	5,03	0,305	0,95	0,987	3,07	0,178	0,55
Cutot(ppm)	0,322	1,00	0,267	0,83	4,27	13,26	1,57	4,88	1,44	4,47	0,305	0,95	0,338	1,05	0,178	0,55
Crtot(ppm)	0,535	1,00	1,41	2,64	6,35	11,87	1,57	2,93	2,27	4,24	0,413	0,77	0,776	1,45	2,52	4,71
Fetot(ppm)	1089,86	1,00	1350,52	1,24	4189,22	3,84	1429,52	1,31	3650,72	3,35	781,36	0,72	2262,78	2,08	5400,96	4,96
Mntot(ppm)	266,45	1,00	59,77	0,22	386,29	1,45	165,68	0,62	105,3	0,40	58,43	0,22	42,14	0,16	165,51	0,62
Hgtot(ppm)	0,0193	1,00	0,016	0,83	0,0326	1,69	0,0189	0,98	0,0173	0,90	0,0183	0,95	0,0203	1,05	0,0326	1,69
Nitot(ppm)	1,97	1,00	0,534	0,27	5,44	2,76	3,15	1,60	2,88	1,46	0,683	0,35	2,04	1,04	3,56	1,81
Zntot(ppm)	4,62	1,00	0,951	0,21	42,21	9,14	1,95	0,42	18,53	4,01	1,52	0,33	4,67	1,01	154,57	33,46
	∑	11,00	∑	9,12	∑	162,19	∑	28,04	∑	33,88	∑	7,47	∑	13,82	∑	56,92
	ARTR 7BE	**1,00**	**ARTR 1BE**	**0,83**	**ARTR 2BE**	**14,74**	**ARTR 3BE**	**2,55**	**ARTR 4BE**	**3,08**	**ARTR 5BE**	**0,68**	**ARTR 6BE**	**1,26**	**ARTR 8BE**	**5,17**

Quadro 68 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 7, a estação mais a montante da Usina, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de Verão (2023)

Metais Totais	7BF	RTR 7BF	1BF	RTR 1BF	2BF	RTR 2BF	3BF	RTR 3BF	4BF	RTR 4BF	5BF	RTR 5BF	6BF	RTR 6BF	8BF	RTR 8BF
Altot(ppm)	504,36	1,00	837,64	1,66	1939,93	3,85	525,4	1,04	1851,89	3,67	435,06	0,86	488,57	0,97	1479,99	2,93
Astot(ppm)	0,594	1,00	0,643	1,08	0,658	1,11	0,601	1,01	0,488	0,82	0,621	1,05	3,09	5,20	0,637	1,07
Cdtot(ppm)	0,594	1,00	0,643	1,08	0,658	1,11	0,601	1,01	0,488	0,82	0,621	1,05	3,09	5,20	0,637	1,07
Pbtot(ppm)	0,594	1,00	0,643	1,08	0,658	1,11	5,18	8,72	0,488	0,82	3,09	5,20	7,79	13,11	38,75	65,24
Cutot(ppm)	1,31	1,00	1,54	1,18	1,69	1,29	1,33	1,02	2,66	2,03	1,68	1,28	9,04	6,90	3,65	2,79
Crtot(ppm)	0,935	1,00	1,32	1,41	3,51	3,75	0,817	0,87	5,09	5,44	1	1,07	3,09	3,30	3,01	3,22
Fetot(ppm)	1113,81	1,00	2126,4	1,91	4419,32	3,97	1064,39	0,96	9262,69	8,32	1138,42	1,02	1271,1	1,14	4736,58	4,25
Mntot(ppm)	204,34	1,00	214,2	1,05	145,19	0,71	54,24	0,27	102,97	0,50	21,95	0,11	23,41	0,11	96,82	0,47
Hgtot(ppm)	0,0357	1,00	0,0386	1,08	0,0395	1,11	0,0361	1,01	0,0293	0,82	0,0372	1,04	0,0371	1,04	0,0382	1,07
Nitot(ppm)	1,19	1,00	1,29	1,08	1,68	1,41	1,2	1,01	3,96	3,33	1,24	1,04	6,19	5,20	1,6	1,34
Zntot(ppm)	1,08	1,00	3,5	3,24	8,29	7,68	1,42	1,31	23,33	21,60	1,77	1,64	3,09	2,86	48,01	44,45
	∑	11,00	∑	15,86	∑	27,09	∑	18,23	∑	48,18	∑	15,36	∑	45,05	∑	127,92
	ARTR 7BF	**1,00**	**ARTR 1BF**	**1,44**	**ARTR 2BF**	**2,46**	**ARTR 3BF**	**1,66**	**ARTR 4BF**	**4,38**	**ARTR 5BF**	**1,40**	**ARTR 6BF**	**4,10**	**ARTR 7BF**	**11,63**

Quadro 69 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 7, a estação mais a montante da Usina, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Outono** (2023).

Metais Totais	7BG	RTR 7BG	1BG	RTR 1BG	2BG	RTR 2BG	3BG	RTR 3BG	4BG	RTR 4BG	5BG	RTR 5BG	6BG	RTR 7BG	8BG	RTR 8BG
Altot(ppm)	462,1	1,00	549,77	1,19	1225,34	2,65	585,6	1,27	875,52	1,89	356,32	0,77	115,88	0,25	96,95	0,21
Astot(ppm)	0,0667	1,00	0,0664	1,00	0,0596	0,89	0,0554	0,83	0,5	7,50	0,0593	0,89	0,0686	1,03	0,0739	1,11
Cdtot(ppm)	0,00667	1,00	0,0664	9,96	0,00596	0,89	0,0554	8,31	0,005	0,75	0,00593	0,89	0,00686	1,03	0,00739	1,11
Pbtot(ppm)	0,333	1,00	0,332	1,00	1,49	4,47	0,277	0,83	1,23	3,69	0,296	0,89	1,71	5,14	1,85	5,56
Cutot(ppm)	1,02	1,00	1,96	1,92	2,19	2,15	1,23	1,21	1,23	1,21	1,28	1,25	1,71	1,68	1,85	1,81
Crtot(ppm)	0,568	1,00	1,75	3,08	9,7	17,08	1,68	2,96	5,93	10,44	0,821	1,45	6,02	10,60	7,6	13,38
Fetot(ppm)	1431,72	1,00	2255,46	1,58	6738,15	4,71	2005,47	1,40	4249,73	2,97	1378,46	0,96	3928,24	2,74	3623,51	2,53
Mntot(ppm)	218,89	1,00	157,13	0,72	189,01	0,86	77,07	0,35	201,71	0,92	84,75	0,39	55,58	0,25	144,35	0,66
Hgtot(ppm)	0,02	1,00	0,0199	1,00	0,0179	0,90	0,0166	0,83	0,0148	0,74	0,0178	0,89	0,0206	1,03	0,0222	1,11
Nitot(ppm)	0,826	1,00	0,664	0,80	5,28	6,39	0,687	0,83	4,85	5,87	0,655	0,79	5,53	6,69	5,91	7,15
Zntot(ppm)	3,33	1,00	2,48	0,74	11,02	3,31	4,28	1,29	20,28	6,09	4,56	1,37	8,16	2,45	47,37	14,23
	∑	11,00	∑	22,98	∑	44,30	∑	20,10	∑	42,07	∑	10,54	∑	32,89	∑	48,86
	ARTR 7BG	**1,00**	**ARTR 1BG**	**2,09**	**ARTR 2BG**	**4,03**	**ARTR 3BG**	**1,83**	**ARTR 4BG**	**3,82**	**ARTR 5BG**	**0,96**	**ARTR 6BG**	**2,99**	**ARTR 8BG**	**4,44**

Quadro 70 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 7, a estação mais a montante da Usina, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Inverno** (2023)

Metais Totais	7BH	RTR 7BH	1BH	RTR 1BH	2BH	RTR 2BH	3BH	RTR 3BH	4BH	RTR 4BH	5BH	RTR 5BH	6BH	RTR 6BH	8BH	RTR 8BH
Altot(ppm)	1809,86	1,00	762,79	0,42	1513,71	0,84	754,28	0,42	1284,63	0,71	3598,08	1,99	2370,51	1,31	973,92	0,54
Astot(ppm)	0,0669	1,00	0,0646	0,97	0,0617	0,92	0,0573	0,86	0,0575	0,86	0,0719	1,07	0,0735	1,10	0,0655	0,98
Cdtot(ppm)	0,00669	1,00	0,00646	0,97	0,00617	0,92	0,00573	0,86	0,00575	0,86	0,00719	1,07	0,00735	1,10	0,00655	0,98
Pbtot(ppm)	4,15	1,00	0,323	0,08	2	0,48	2,42	0,58	1,71	0,41	6,65	1,60	5,26	1,27	2,36	0,57
Cutot(ppm)	0,334	1,00	0,323	0,97	0,309	0,93	0,286	0,86	0,288	0,86	0,359	1,07	0,367	1,10	0,327	0,98
Crtot(ppm)	0,334	1,00	0,323	0,97	0,309	0,93	0,286	0,86	0,846	2,53	1,46	4,37	0,598	1,79	1,06	3,17
Fetot(ppm)	2672,02	1,00	2741,6	1,03	2541,08	0,95	1890,12	0,71	3301,36	1,24	5673,76	2,12	6781,26	2,54	3216	1,20
Mntot(ppm)	310,19	1,00	155,2	0,50	156,02	0,50	106,88	0,34	159,94	0,52	626,57	2,02	251,25	0,81	288	0,93
Hgtot(ppm)	0,0201	1,00	0,0194	0,97	0,0185	0,92	0,0172	0,86	0,0173	0,86	0,0216	1,07	0,022	1,09	0,0196	0,98
Nitot(ppm)	1,41	1,00	0,646	0,46	0,617	0,44	0,573	0,41	1,33	0,94	3,44	2,44	6,13	4,35	0,773	0,55
Zntot(ppm)	6,34	1,00	1,51	0,24	4,95	0,78	2,02	0,32	13,97	2,20	15,91	2,51	29,16	4,60	43,9	6,92
	∑	11,00	∑	7,55	∑	8,61	∑	7,06	∑	11,99	∑	21,35	∑	21,05	∑	17,80
	ARTR 7BH	**1,00**	**ARTR 1BH**	**0,69**	**ARTR 2BH**	**0,78**	**ARTR 3BH**	**0,64**	**ARTR 4BH**	**1,09**	**ARTR 5BH**	**1,94**	**ARTR 6BH**	**1,91**	**ARTR 8BH**	**1,62**

Quadro 71 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 8, a estação de derrame do efluente líquido da Usina termelétrica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Primavera** (2022)

Metais Totais	8BE	RTR 8BE	1BE	RTR 1BE	2BE	RTR 2BE	3BE	RTR 3BE	4BE	RTR 4BE	5BE	RTR 5BE	6BE	RTR 6BE	7BE	RTR 7BE
Altot(ppm)	1535,71	1,00	247,67	0,16	1818,93	1,18	412,99	0,27	664,52	0,43	218,09	0,14	504,95	0,33	615,99	0,40
Astot(ppm)	0,178	1,00	0,267	1,50	2,72	15,28	1,57	8,82	1,44	8,09	0,305	1,71	0,338	1,90	0,322	1,81
Cdtot(ppm)	1,78	1,00	0,267	0,15	0,272	0,15	1,57	0,88	1,44	0,81	0,305	0,17	0,338	0,19	0,322	0,18
Pbtot(ppm)	0,178	1,00	0,267	1,50	34,11	191,63	1,57	8,82	1,62	9,10	0,305	1,71	0,987	5,54	0,322	1,81
Cutot(ppm)	0,178	1,00	0,267	1,50	4,27	23,99	1,57	8,82	1,44	8,09	0,305	1,71	0,338	1,90	0,322	1,81
Crtot(ppm)	2,52	1,00	1,41	0,56	6,35	2,52	1,57	0,62	2,27	0,90	0,413	0,16	0,776	0,31	0,535	0,21
Fetot(ppm)	5400,96	1,00	1350,52	0,25	4189,22	0,78	1429,52	0,26	3650,72	0,68	781,36	0,14	2262,78	0,42	1089,86	0,20
Mntot(ppm)	165,51	1,00	59,77	0,36	386,29	2,33	165,68	1,00	105,3	0,64	58,43	0,35	42,14	0,25	266,45	1,61
Hgtot(ppm)	0,0326	1,00	0,016	0,49	0,0326	1,00	0,0189	0,58	0,0173	0,53	0,0183	0,56	0,0203	0,62	0,0193	0,59
Nitot(ppm)	3,56	1,00	0,534	0,15	5,44	1,53	3,15	0,88	2,88	0,81	0,683	0,19	2,04	0,57	1,97	0,55
Zntot(ppm)	154,57	1,00	0,951	0,01	42,21	0,27	1,95	0,01	18,53	0,12	1,52	0,01	4,67	0,03	4,62	0,03
	∑	11,00	∑	6,63	∑	240,67	∑	30,98	∑	30,20	∑	6,88	∑	12,07	∑	9,21
	ARTR 8BE	**1,00**	**ARTR 1BE**	**0,60**	**ARTR 2BE**	**21,88**	**ARTR 3BE**	**2,82**	**ARTR 4BE**	**2,75**	**ARTR 5BE**	**0,63**	**ARTR 6BE**	**1,10**	**ARTR 7BE**	**0,84**

Quadro 72 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 8, a estação de derrame do efluentes líquido da Usina termelétrica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Verão** (2023).

Metais Totais	8BF	RTR 8BF	1BF	RTR	2BF	RTR	3BF	RTR	4BF	RTR	5BF	RTR	6BF	RTR	7BF	RTR
Altot(ppm)	1479,99	1,00	837,64	0,57	1939,93	1,31	525,4	0,36	1851,89	1,25	435,06	0,29	488,57	0,33	504,36	0,34
Astot(ppm)	0,637	1,00	0,643	1,01	0,658	1,03	0,601	0,94	0,488	0,77	0,621	0,97	3,09	4,85	0,594	0,93
Cdtot(ppm)	0,637	1,00	0,643	1,01	0,658	1,03	0,601	0,94	0,488	0,77	0,621	0,97	3,09	4,85	0,594	0,93
Pbtot(ppm)	38,75	1,00	0,643	0,02	0,658	0,02	5,18	0,13	0,488	0,01	3,09	0,08	7,79	0,20	0,594	0,02
Cutot(ppm)	3,65	1,00	1,54	0,42	1,69	0,46	1,33	0,36	2,66	0,73	1,68	0,46	9,04	2,48	1,31	0,36
Crtot(ppm)	3,01	1,00	1,32	0,44	3,51	1,17	0,817	0,27	5,09	1,69	1	0,33	3,09	1,03	0,935	0,31
Fetot(ppm)	4736,58	1,00	2126,4	0,45	4419,32	0,93	1064,39	0,22	9262,69	1,96	1138,42	0,24	1271,1	0,27	1113,81	0,24
Mntot(ppm)	96,82	1,00	214,2	2,21	145,19	1,50	54,24	0,56	102,97	1,06	21,95	0,23	23,41	0,24	204,34	2,11
Hgtot(ppm)	0,0382	1,00	0,0386	1,01	0,0395	1,03	0,0361	0,95	0,0293	0,77	0,0372	0,97	0,0371	0,97	0,0357	0,93
Nitot(ppm)	1,6	1,00	1,29	0,81	1,68	1,05	1,2	0,75	3,96	2,48	1,24	0,78	6,19	3,87	1,19	0,74
Zntot(ppm)	48,01	1,00	3,5	0,07	8,29	0,17	1,42	0,03	23,33	0,49	1,77	0,04	3,09	0,06	1,08	0,02
	∑	11,00	∑	8,01	∑	9,71	∑	5,52	∑	11,96	∑	5,37	∑	19,15	∑	6,94
	ARTR 8BF	**1,00**	**ARTR 1BF**	**0,73**	**ARTR 2BF**	**0,88**	**ARTR 3BF**	**0,50**	**ARTR 4BF**	**1,09**	**ARTR 5BF**	**0,49**	**ARTR 6BF**	**1,74**	**ARTR 7BF**	**0,63**

Quadro 73 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 8, a estação de derrame do efluentes líquido da Usina termelétrica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de Outono (2023)

Metais Totais	8BG	RTR 8BG	1BG	RTR 1BG	2BG	RTR 2BG	3BG	RTR 3BG	4BG	RTR 4BG	5BG	RTR 5BG	6BG	RTR 6BG	7BG	RTR 7BG
Altot(ppm)	96,95	1,00	549,77	5,67	1225,34	12,64	585,6	6,04	875,52	9,03	356,32	3,68	115,88	1,20	462,1	4,77
Astot(ppm)	0,0739	1,00	0,0664	0,90	0,0596	0,81	0,0554	0,75	0,5	6,77	0,0593	0,80	0,0686	0,93	0,0667	0,90
Cdtot(ppm)	0,00739	1,00	0,0664	8,99	0,00596	0,81	0,0554	7,50	0,005	0,68	0,00593	0,80	0,00686	0,93	0,00667	0,90
Pbtot(ppm)	1,85	1,00	0,332	0,18	1,49	0,81	0,277	0,15	1,23	0,66	0,296	0,16	1,71	0,92	0,333	0,18
Cutot(ppm)	1,85	1,00	1,96	1,06	2,19	1,18	1,23	0,66	1,23	0,66	1,28	0,69	1,71	0,92	1,02	0,55
Crtot(ppm)	7,6	1,00	1,75	0,23	9,7	1,28	1,68	0,22	5,93	0,78	0,821	0,11	6,02	0,79	0,568	0,07
Fetot(ppm)	3623,51	1,00	2255,46	0,62	6738,15	1,86	2005,47	0,55	4249,73	1,17	1378,46	0,38	3928,24	1,08	1431,72	0,40
Mntot(ppm)	144,35	1,00	157,13	1,09	189,01	1,31	77,07	0,53	201,71	1,40	84,75	0,59	55,58	0,39	218,89	1,52
Hgtot(ppm)	0,0222	1,00	0,0199	0,90	0,0179	0,81	0,0166	0,75	0,0148	0,67	0,0178	0,80	0,0206	0,93	0,02	0,90
Nitot(ppm)	5,91	1,00	0,664	0,11	5,28	0,89	0,687	0,12	4,85	0,82	0,655	0,11	5,53	0,94	0,826	0,14
Zntot(ppm)	47,37	1,00	2,48	0,05	11,02	0,23	4,28	0,09	20,28	0,43	4,56	0,10	8,16	0,17	3,33	0,07
	∑	11,00	∑	19,80	∑	22,62	∑	17,36	∑	23,07	∑	8,22	∑	9,20	∑	10,40
	ARTR 8BG	**1,00**	**ARTR 1BG**	**1,80**	**ARTR 2BG**	**2,06**	**ARTR 3BG**	**1,58**	**ARTR 4BG**	**2,10**	**ARTR 5BG**	**0,75**	**ARTR 6BG**	**0,84**	**ARTR 7BG**	**0,95**

Quadro 74 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 8, a estação de derrame do efluentes líquido da Usina termelétrica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de Inverno (2023)

Metais Totais	8BH	RTR 8BH	1BH	RTR 1BH	2BH	RTR 2BH	3BH	RTR 3BH	4BH	RTR 4BH	5BH	RTR 5BH	6BH	RTR 6BH	7BH	RTR 7BH
Altot(ppm)	973,92	1,00	762,79	0,78	1513,71	1,55	754,28	0,77	1284,63	1,32	3598,08	3,69	2370,51	2,43	1809,86	1,86
Astot(ppm)	0,0655	1,00	0,0646	0,99	0,0617	0,94	0,0573	0,87	0,0575	0,88	0,0719	1,10	0,0735	1,12	0,0669	1,02
Cdtot(ppm)	0,00655	1,00	0,00646	0,99	0,00617	0,94	0,00573	0,87	0,00575	0,88	0,00719	1,10	0,00735	1,12	0,00669	1,02
Pbtot(ppm)	2,36	1,00	0,323	0,14	2	0,85	2,42	1,03	1,71	0,72	6,65	2,82	5,26	2,23	4,15	1,76
Cutot(ppm)	0,327	1,00	0,323	0,99	0,309	0,94	0,286	0,87	0,288	0,88	0,359	1,10	0,367	1,12	0,334	1,02
Crtot(ppm)	1,06	1,00	0,323	0,30	0,309	0,29	0,286	0,27	0,846	0,80	1,46	1,38	0,598	0,56	0,334	0,32
Fetot(ppm)	3216	1,00	2741,6	0,85	2541,08	0,79	1890,12	0,59	3301,36	1,03	5673,76	1,76	6781,26	2,11	2672,02	0,83
Mntot(ppm)	288	1,00	155,2	0,54	156,02	0,54	106,88	0,37	159,94	0,56	626,57	2,18	251,25	0,87	310,19	1,08
Hgtot(ppm)	0,0196	1,00	0,0194	0,99	0,0185	0,94	0,0172	0,88	0,0173	0,88	0,0216	1,10	0,022	1,12	0,0201	1,03
Nitot(ppm)	0,773	1,00	0,646	0,84	0,617	0,80	0,573	0,74	1,33	1,72	3,44	4,45	6,13	7,93	1,41	1,82
Zntot(ppm)	43,9	1,00	1,51	0,03	4,95	0,11	2,02	0,05	13,97	0,32	15,91	0,36	29,16	0,66	6,34	0,14
	∑	11,00	∑	7,44	∑	8,71	∑	7,32	∑	9,98	∑	21,04	∑	21,29	∑	11,90
	ARTR 8BH	**1,00**	**ARTR 1BH**	**0,68**	**ARTR 2BH**	**0,79**	**ARTR 3BH**	**0,67**	**ARTR 4BH**	**0,91**	**ARTR 5BH**	**1,91**	**ARTR 6BH**	**1,94**	**ARTR 7BH**	**1,08**

Quadro 75 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 6, a estação da frente mineira que avança sobre a estação, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de Primavera (2022)

Metais Totais	6BE	RTR 6BE	1BE	RTR 1BE	2BE	RTR 2BE	3BE	RTR 3BE	4BE	RTR 4BE	5BE	RTR 5BE	7BE	RTR 7BE	8BE	RTR 8BE
Altot(ppm)	504,95	1,00	247,67	0,49	1818,93	3,60	412,99	0,82	664,52	1,32	218,09	0,43	615,99	1,22	1535,71	3,04
Astot(ppm)	0,338	1,00	0,267	0,79	2,72	8,05	1,57	4,64	1,44	4,26	0,305	0,90	0,322	0,95	0,178	0,53
Cdtot(ppm)	0,338	1,00	0,267	0,79	0,272	0,80	1,57	4,64	1,44	4,26	0,305	0,90	0,322	0,95	1,78	5,27
Pbtot(ppm)	0,987	1,00	0,267	0,27	34,11	34,56	1,57	1,59	1,62	1,64	0,305	0,31	0,322	0,33	0,178	0,18
Cutot(ppm)	0,338	1,00	0,267	0,79	4,27	12,63	1,57	4,64	1,44	4,26	0,305	0,90	0,322	0,95	0,178	0,53
Crtot(ppm)	0,776	1,00	1,41	1,82	6,35	8,18	1,57	2,02	2,27	2,93	0,413	0,53	0,535	0,69	2,52	3,25
Fetot(ppm)	2262,78	1,00	1350,52	0,60	4189,22	1,85	1429,52	0,63	3650,72	1,61	781,36	0,35	1089,86	0,48	5400,96	2,39
Mntot(ppm)	42,14	1,00	59,77	1,42	386,29	9,17	165,68	3,93	105,3	2,50	58,43	1,39	266,45	6,32	165,51	3,93
Hgtot(ppm)	0,0203	1,00	0,016	0,79	0,0326	1,61	0,0189	0,93	0,0173	0,85	0,0183	0,90	0,0193	0,95	0,0326	1,61
Nitot(ppm)	2,04	1,00	0,534	0,26	5,44	2,67	3,15	1,54	2,88	1,41	0,683	0,33	1,97	0,97	3,56	1,75
Zntot(ppm)	4,67	1,00	0,951	0,20	42,21	9,04	1,95	0,42	18,53	3,97	1,52	0,33	4,62	0,99	154,57	33,10
	∑	11,00	∑	8,22	∑	92,16	∑	25,82	∑	29,01	∑	7,27	∑	14,80	∑	55,55
	ARTR 6BE	**1,00**	**ARTR 1BE**	**0,75**	**ARTR 2BE**	**8,38**	**ARTR 3BE**	**2,35**	**ARTR 4BE**	**2,64**	**ARTR 5BE**	**0,66**	**ARTR 6BE**	**1,35**	**ARTR 8BE**	**5,05**

Quadro 76 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 6, a estação da frente mineira que avança sobre a estação, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de Verão (2023)

Metais Totais	6BF	RTR 6BF	1BF	RTR	2BF	RTR	3BF	RTR	4BF	RTR	5BF	RTR	7BF	RTR	8BF	RTR
Altot(ppm)	488,57	1,00	837,64	1,71	1939,93	3,97	525,4	1,08	1851,89	3,79	435,06	0,89	504,36	1,03	1479,99	3,03
Astot(ppm)	3,09	1,00	0,643	0,21	0,658	0,21	0,601	0,19	0,488	0,16	0,621	0,20	0,594	0,19	0,637	0,21
Cdtot(ppm)	3,09	1,00	0,643	0,21	0,658	0,21	0,601	0,19	0,488	0,16	0,621	0,20	0,594	0,19	0,637	0,21
Pbtot(ppm)	7,79	1,00	0,643	0,08	0,658	0,08	5,18	0,66	0,488	0,06	3,09	0,40	0,594	0,08	38,75	4,97
Cutot(ppm)	9,04	1,00	1,54	0,17	1,69	0,19	1,33	0,15	2,66	0,29	1,68	0,19	1,31	0,14	3,65	0,40
Crtot(ppm)	3,09	1,00	1,32	0,43	3,51	1,14	0,817	0,26	5,09	1,65	1	0,32	0,935	0,30	3,01	0,97
Fetot(ppm)	1271,1	1,00	2126,4	1,67	4419,32	3,48	1064,39	0,84	9262,69	7,29	1138,42	0,90	1113,81	0,88	4736,58	3,73
Mntot(ppm)	23,41	1,00	214,2	9,15	145,19	6,20	54,24	2,32	102,97	4,40	21,95	0,94	204,34	8,73	96,82	4,14
Hgtot(ppm)	0,0371	1,00	0,0386	1,04	0,0395	1,06	0,0361	0,97	0,0293	0,79	0,0372	1,00	0,0357	0,96	0,0382	1,03
Nitot(ppm)	6,19	1,00	1,29	0,21	1,68	0,27	1,2	0,19	3,96	0,64	1,24	0,20	1,19	0,19	1,6	0,26
Zntot(ppm)	3,09	1,00	3,5	1,13	8,29	2,68	1,42	0,46	23,33	7,55	1,77	0,57	1,08	0,35	48,01	15,54
	∑	11,00	∑	16,02	∑	19,50	∑	7,32	∑	26,78	∑	5,81	∑	13,05	∑	34,48
	ARTR 6BF	**1,00**	**ARTR 1BF**	**1,46**	**ARTR 2BF**	**1,77**	**ARTR 3BF**	**0,67**	**ARTR 4BF**	**2,43**	**ARTR 5BF**	**0,53**	**ARTR 7BF**	**1,19**	**ARTR 8BF**	**3,13**

Quadro 77 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 6, a estação da frente mineira que avança sobre a estação, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de Outono (2023)

Metais Totais	6BG	RTR 6BG	1BG	RTR1BG	2BG	RTR 2BG	3BG	RTR 3BG	4BG	RTR 4BG	5BG	RTR 5BG	7BG	RTR 7NG	8BG	RTR 8BG
Altot(ppm)	115,88	1,00	549,77	4,74	1225,34	10,57	585,6	5,05	875,52	7,56	356,32	3,07	462,1	3,99	96,95	0,84
Astot(ppm)	0,0686	1,00	0,0664	0,97	0,0596	0,87	0,0554	0,81	0,5	7,29	0,0593	0,86	0,0667	0,97	0,0739	1,08
Cdtot(ppm)	0,00686	1,00	0,0664	9,68	0,00596	0,87	0,0554	8,08	0,005	0,73	0,00593	0,86	0,00667	0,97	0,00739	1,08
Pbtot(ppm)	1,71	1,00	0,332	0,19	1,49	0,87	0,277	0,16	1,23	0,72	0,296	0,17	0,333	0,19	1,85	1,08
Cutot(ppm)	1,71	1,00	1,96	1,15	2,19	1,28	1,23	0,72	1,23	0,72	1,28	0,75	1,02	0,60	1,85	1,08
Crtot(ppm)	6,02	1,00	1,75	0,29	9,7	1,61	1,68	0,28	5,93	0,99	0,821	0,14	0,568	0,09	7,6	1,26
Fetot(ppm)	3928,24	1,00	2255,46	0,57	6738,15	1,72	2005,47	0,51	4249,73	1,08	1378,46	0,35	1431,72	0,36	3623,51	0,92
Mntot(ppm)	55,58	1,00	157,13	2,83	189,01	3,40	77,07	1,39	201,71	3,63	84,75	1,52	218,89	3,94	144,35	2,60
Hgtot(ppm)	0,0206	1,00	0,0199	0,97	0,0179	0,87	0,0166	0,81	0,0148	0,72	0,0178	0,86	0,02	0,97	0,0222	1,08
Nitot(ppm)	5,53	1,00	0,664	0,12	5,28	0,95	0,687	0,12	4,85	0,88	0,655	0,12	0,826	0,15	5,91	1,07
Zntot(ppm)	8,16	1,00	2,48	0,30	11,02	1,35	4,28	0,52	20,28	2,49	4,56	0,56	3,33	0,41	47,37	5,81
	∑	11,00	∑	21,81	∑	24,37	∑	18,45	∑	26,79	∑	9,28	∑	12,65	∑	17,89
	ARTR 6BG	**1,00**	**ARTR 1BG**	**1,98**	**ARTR 2BG**	**2,22**	**ARTR 3BG**	**1,68**	**ARTR 4BG**	**2,44**	**ARTR 5BG**	**0,84**	**ARTR 6BG**	**1,15**	**ARTR 8BG**	**1,63**

Quadro 78 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 6, a estação da frente mineira que avança sobre a estação, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Inverno** (2023).

Metais Totais	6BH	RTR 6BH	1BH	RTR 1BH	2BH	RTR 2BH	3BH	RTR 3BH	4BH	RTR 4BH	5BH	RTR 5BH	7BH	RTR 7BH	8BH	RTR 8BH
Altot(ppm)	2370,51	1,00	762,79	0,32	1513,71	0,64	754,28	0,32	1284,63	0,54	3598,08	1,52	1809,86	0,76	973,92	0,41
Astot(ppm)	0,0735	1,00	0,0646	0,88	0,0617	0,84	0,0573	0,78	0,0575	0,78	0,0719	0,98	0,0669	0,91	0,0655	0,89
Cdtot(ppm)	0,00735	1,00	0,00646	0,88	0,00617	0,84	0,00573	0,78	0,00575	0,78	0,00719	0,98	0,00669	0,91	0,00655	0,89
Pbtot(ppm)	5,26	1,00	0,323	0,06	2	0,38	2,42	0,46	1,71	0,33	6,65	1,26	4,15	0,79	2,36	0,45
Cutot(ppm)	0,367	1,00	0,323	0,88	0,309	0,84	0,286	0,78	0,288	0,78	0,359	0,98	0,334	0,91	0,327	0,89
Crtot(ppm)	0,598	1,00	0,323	0,54	0,309	0,52	0,286	0,48	0,846	1,41	1,46	2,44	0,334	0,56	1,06	1,77
Fetot(ppm)	6781,26	1,00	2741,6	0,40	2541,08	0,37	1890,12	0,28	3301,36	0,49	5673,76	0,84	2672,02	0,39	3216	0,47
Mntot(ppm)	251,25	1,00	155,2	0,62	156,02	0,62	106,88	0,43	159,94	0,64	626,57	2,49	310,19	1,23	288	1,15
Hgtot(ppm)	0,022	1,00	0,0194	0,88	0,0185	0,84	0,0172	0,78	0,0173	0,79	0,0216	0,98	0,0201	0,91	0,0196	0,89
Nitot(ppm)	6,13	1,00	0,646	0,11	0,617	0,10	0,573	0,09	1,33	0,22	3,44	0,56	1,41	0,23	0,773	0,13
Zntot(ppm)	29,16	1,00	1,51	0,05	4,95	0,17	2,02	0,07	13,97	0,48	15,91	0,55	6,34	0,22	43,9	1,51
	∑	11,00	∑	5,62	∑	6,16	∑	5,24	∑	7,24	∑	13,58	∑	7,83	∑	9,45
	ARTR 6BH	**1,00**	**ARTR 1BH**	**0,51**	**ARTR 2BH**	**0,56**	**ARTR 3BH**	**0,48**	**ARTR 4BH**	**0,66**	**ARTR 5BH**	**1,23**	**ARTR 7BH**	**0,71**	**ARTR 8BH**	**0,86**

Quadro 79 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 1, o local de referência mais a montante da Térmica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Primavera** (2022).

Metais Totais	1BE	RTR 1BE	2BE	RTR 2BE	3BE	RTR 3BE	4BE	RTR 4BE	5BE	RTR 5BE	6BE	RTR 6BE	7BE	RTR 7BE	8BE	RTR 8BE
Altot(ppm)	247,67	1,00	1818,93	**7,34**	412,99	**1,67**	664,52	**2,68**	218,09	0,88	504,95	**2,04**	615,99	**2,49**	1535,71	**6,20**
Astot(ppm)	0,27	1,00	2,72	**10,19**	1,57	**5,88**	1,44	**5,39**	0,31	1,14	0,34	**1,27**	0,32	**1,21**	0,18	0,67
Cdtot(ppm)	0,27	1,00	0,27	1,02	1,57	**5,88**	1,44	**5,39**	0,31	1,14	0,34	**1,27**	0,32	**1,21**	1,78	**6,67**
Pbtot(ppm)	0,27	1,00	34,11	**127,75**	1,57	**5,88**	1,62	**6,07**	0,31	1,14	0,99	**3,70**	0,32	**1,21**	0,18	0,67
Cutot(ppm)	0,27	1,00	4,27	**15,99**	1,57	**5,88**	1,44	**5,39**	0,31	1,14	0,34	**1,27**	0,32	**1,21**	0,18	0,67
Crtot(ppm)	1,41	1,00	6,35	**4,50**	1,57	1,11	2,27	**1,61**	0,41	0,29	0,78	0,55	0,54	0,38	2,52	**1,79**
Fetot(ppm)	1350,52	1,00	4189,22	**3,10**	1429,52	1,06	3650,72	**2,70**	781,36	0,58	2262,78	**1,68**	1089,86	0,81	5400,96	**4,00**
Mntot(ppm)	59,77	1,00	386,29	**6,46**	165,68	**2,77**	105,30	**1,76**	58,43	0,98	42,14	0,71	266,45	**4,46**	165,51	**2,77**
Hgtot(ppm)	0,02	1,00	0,03	**2,04**	0,02	**1,18**	0,02	1,08	0,02	1,14	0,02	**1,27**	0,02	**1,21**	0,03	**2,04**
Nitot(ppm)	0,53	1,00	5,44	**10,19**	3,15	**5,90**	2,88	**5,39**	0,68	1,28	2,04	**3,82**	1,97	**3,69**	3,56	**6,67**
Zntot(ppm)	0,95	1,00	42,21	**44,38**	1,95	**2,05**	18,53	**19,48**	1,52	**1,60**	4,67	**4,91**	4,62	**4,86**	154,57	**162,53**
	∑	11,00	∑	232,97	∑	39,26	∑	56,96	∑	11,32	∑	22,46	∑	22,71	∑	194,66
	ARTR	**1,00**	**ARTR 2BE**	**21,18**	**ARTR 3BE**	**3,57**	**ARTR 4BE**	**5,18**	**ARTR 5BE**	**1,03**	**ARTR 6BE**	**2,04**	**ARTR 7BE**	**2,06**	**ARTR 8BE**	**17,70**

Quadro 80 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 1, o local de referência mais a montante da Térmica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Verão** (2023)

Metais Totais	1BF	RTR 1BF	2BF	RTR 2BF	3BF	RTR 3BF	4BF	RTR 4BF	5BF	RTR 5BF	6BF	RTR 6BF	7BF	RTR 7BF	8BF	RTR 8F
Altot(ppm)	837,64	1,00	1939,93	**2,32**	525,40	0,63	1851,89	**2,21**	435,06	0,52	488,57	0,58	504,36	0,60	1479,99	**1,77**
Astot(ppm)	0,64	1,00	0,66	1,02	0,60	0,93	0,49	0,76	0,62	0,97	3,09	**4,81**	0,59	0,92	0,64	0,99
Cdtot(ppm)	0,64	1,00	0,66	1,02	0,60	0,93	0,49	0,76	0,62	0,97	3,09	**4,81**	0,59	0,92	0,64	0,99
Pbtot(ppm)	0,64	1,00	0,66	1,02	5,18	**8,06**	0,49	0,76	3,09	**4,81**	7,79	**12,12**	0,59	0,92	38,75	**60,26**
Cutot(ppm)	1,54	1,00	1,69	1,10	1,33	0,86	2,66	**1,73**	1,68	1,09	9,04	**5,87**	1,31	0,85	3,65	**2,37**
Crtot(ppm)	1,32	1,00	3,51	**2,66**	0,82	0,62	5,09	**3,86**	1,00	0,76	3,09	**2,34**	0,94	0,71	3,01	**2,28**
Fetot(ppm)	2126,40	1,00	4419,32	**2,08**	1064,39	0,50	9262,69	**4,36**	1138,42	0,54	1271,10	0,60	1113,81	0,52	4736,58	**2,23**
Mntot(ppm)	214,20	1,00	145,19	0,68	54,24	0,25	102,97	0,48	21,95	0,10	23,41	0,11	204,34	0,95	96,82	0,45
Hgtot(ppm)	0,04	1,00	0,04	1,02	0,04	0,94	0,03	0,76	0,04	0,96	0,04	0,96	0,04	0,92	0,04	0,99
Nitot(ppm)	1,29	1,00	1,68	**1,30**	1,20	0,93	3,96	**3,07**	1,24	0,96	6,19	**4,80**	1,19	0,92	1,60	**1,24**
Zntot(ppm)	3,50	1,00	8,29	**2,37**	1,42	0,41	23,33	**6,67**	1,77	0,51	3,09	0,88	1,08	0,31	48,01	**13,72**
	∑	11,00	∑	16,59	∑	15,06	∑	25,40	∑	12,17	∑	37,87	∑	8,57	∑	87,29
	ARTR 1BF	**1,00**	**ARTR 2BF**	**1,51**	**ARTR 3BF**	**1,37**	**ARTR 4BF**	**2,31**	**ARTR 5BF**	**1,11**	**ARTR 6BF**	**3,44**	**ARTR 7BF**	**0,78**	**ARTR 8BF**	**7,94**

Quadro 81 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 1, o local de referência mais a montante da Térmica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de **Outono** (2023)

Metais Totais	1BG	RTR 1BG	2BG	RTR 2BG	3BG	RTR 3BG	4BG	RTR 4BG	5BG	RTR 5 BG	6BG	RTR 6BG	7BG	RTR 7BG	8BG	RTR 8BG
Altot(ppm)	549,77	1,00	1225,34	**2,23**	585,60	1,07	875,52	**1,59**	356,32	0,65	115,88	0,21	462,10	0,84	96,95	0,18
Astot(ppm)	0,07	1,00	0,06	0,90	0,06	0,83	0,50	**7,53**	0,06	0,89	0,07	1,03	0,07	1,00	0,07	**1,11**
Cdtot(ppm)	0,07	1,00	0,01	0,09	0,06	0,83	0,01	0,08	0,01	0,09	0,01	0,10	0,01	0,10	0,01	0,11
Pbtot(ppm)	0,33	1,00	1,49	**4,49**	0,28	0,83	1,23	**3,70**	0,30	0,89	1,71	**5,15**	0,33	1,00	1,85	**5,57**
Cutot(ppm)	1,96	1,00	2,19	**1,12**	1,23	0,63	1,23	0,63	1,28	0,65	1,71	0,87	1,02	0,52	1,85	0,94
Crtot(ppm)	1,75	1,00	9,70	**5,54**	1,68	0,96	5,93	**3,39**	0,82	0,47	6,02	**3,44**	0,57	0,32	7,60	**4,34**
Fetot(ppm)	2255,46	1,00	6738,15	**2,99**	2005,47	0,89	4249,73	**1,88**	1378,46	0,61	3928,24	**1,74**	1431,72	0,63	3623,51	**1,61**
Mntot(ppm)	157,13	1,00	189,01	**1,20**	77,07	0,49	201,71	**1,28**	84,75	0,54	55,58	0,35	218,89	1,39	144,35	0,92
Hgtot(ppm)	0,02	1,00	0,02	0,90	0,02	0,83	0,01	0,74	0,02	0,89	0,02	1,04	0,02	1,01	0,02	**1,12**
Nitot(ppm)	0,66	1,00	5,28	**7,95**	0,69	1,03	4,85	**7,30**	0,66	0,99	5,53	**8,33**	0,83	**1,24**	5,91	**8,90**
Zntot(ppm)	2,48	1,00	11,02	**4,44**	4,28	**1,73**	20,28	**8,18**	4,56	**1,84**	8,16	**3,29**	3,33	**1,34**	47,37	**19,10**
	∑	11,00	∑	31,85	∑	10,13	∑	36,31	∑	8,51	∑	25,56	∑	9,41	∑	43,90
	ARTR 1BG	**1,00**	**ARTR 2BG**	**2,90**	**ARTR 3BG**	**0,92**	**ARTR 4BG**	**3,30**	**ARTR 5BG**	**0,77**	**ARTR 6BG**	**2,32**	**ARTR 7BG**	**0,86**	**ARTR 8BG**	**3,99**

Quadro 82 - RTR e ARTR calculado tendo como local de referência a estação 1, o local de referência mais a montante da Térmica, na Bacia Hidrográfica do Candiota, Campanha amostral de Inverno (2023)

Metais Totais	1BH	RTR 1BH	2BH	RTR 2BH	3BH	RTR 3BH	4BH	RTR 4BH	5BH	RTR 5BH	6BH	RTR 6BH	7BH	RTR 7BH	8BH	RTR 8BH
Altot(ppm)	762,79	1,00	1513,71	**1,98**	754,28	0,99	1284,63	**1,68**	3598,08	**4,72**	2370,51	**3,11**	1809,86	**2,37**	973,92	**1,28**
Astot(ppm)	0,06	1,00	0,06	0,96	0,06	0,89	0,06	0,89	0,07	**1,11**	0,07	1,14	0,07	1,04	0,07	1,01
Cdtot(ppm)	0,01	1,00	0,01	0,96	0,01	0,89	0,01	0,89	0,01	**1,11**	0,01	1,14	0,01	1,04	0,01	1,01
Pbtot(ppm)	0,32	1,00	2,00	**6,19**	2,42	**7,49**	1,71	**5,29**	6,65	**20,59**	5,26	**16,28**	4,15	**12,85**	2,36	**7,31**
Cutot(ppm)	0,32	1,00	0,31	0,96	0,29	0,89	0,29	0,89	0,36	**1,11**	0,37	1,14	0,33	1,03	0,33	1,01
Crtot(ppm)	0,32	1,00	0,31	0,96	0,29	0,89	0,85	**2,62**	1,46	**4,52**	0,60	**1,85**	0,33	1,03	1,06	**3,28**
Fetot(ppm)	2741,60	1,00	2541,08	0,93	1890,12	0,69	3301,36	**1,20**	5673,76	**2,07**	6781,26	**2,47**	2672,02	0,97	3216,00	**1,17**
Mntot(ppm)	155,20	1,00	156,02	1,01	106,88	0,69	159,94	1,03	626,57	**4,04**	251,25	**1,62**	310,19	**2,00**	288,00	**1,86**
Hgtot(ppm)	0,02	1,00	0,02	0,95	0,02	0,89	0,02	0,89	0,02	**1,11**	0,02	1,13	0,02	1,04	0,02	1,01
Nitot(ppm)	0,65	1,00	0,62	0,96	0,57	0,89	1,33	**2,06**	3,44	**5,33**	6,13	**9,49**	1,41	**2,18**	0,77	**1,20**
Zntot(ppm)	1,51	1,00	4,95	**3,28**	2,02	**1,34**	13,97	**9,25**	15,91	**10,54**	29,16	**19,31**	6,34	**4,20**	43,90	**29,07**
	∑	11,00	∑	19,12	∑	16,52	∑	26,71	∑	56,24	∑	58,68	∑	29,75	∑	49,21
	ARTR 1BH	**1,00**	**ARTR 2BH**	**1,74**	**ARTR 3BH**	**1,50**	**ARTR 4BH**	**2,43**	**ARTR 5BH**	**5,11**	**ARTR 6BH**	**5,33**	**ARTR 7BH**	**2,70**	**ARTR 8BH**	**4,47**

No Quadro 83 tem-se a ordenação do maior valor para o menor valor de todos os ARTRs calculados considerando, como locais de referência as estações amostrais 1, 6, 7 e 8.

Lembrando que BE é o sufixo que indexa a campanha amostral de Primavera de 2022, BF (verde), o sufixo BF que indexa a campanha amostral de verão de 2023 (azul), o sufixo BG que indexa a campanha amostral de outono de 2023 (amarelo) e por fim o sufixo BH que indexa a campanha amostral de inverno de 2023 (rosa).

Quadro 83 - Estão ordenados os Valores agregados de referência ordenados do maior para o menos, por campanha amostral, e marcado com bordas a estação usada como referência onde o ARTR é igual a unidade. Além disso as cores verdes, sufixo BE é a primavera, azul, sufixo BF, o verão; amarelo, sufixo BG, o outono, e o rosa, sufixo BH o inverno.

	Estações	ARTR		Estações	ARTR		Estações	ARTR		Estações	ARTR
	Primaveras			Verões			Outonos			Invernos	
Local de Referencia	ARTR 2BE	14,74		ARTR 7BF	11,63		ARTR 8BG	4,44		ARTR 5BH	1,94
UnidadeAmostral 7	ARTR 8BE	5,17		ARTR 4BF	4,38		ARTR 2BG	4,03		ARTR 6BH	1,91
	ARTR 4BE	3,08		ARTR 6BF	4,10		ARTR 4BG	3,82		ARTR 8BH	1,62
	ARTR 3BE	2,55		ARTR 2BF	2,46		ARTR 6BG	2,99		ARTR 4BH	1,09
	ARTR 6BE	1,26		ARTR 3BF	1,66		ARTR 1BG	2,09		**ARTR 7BH**	**1,00**
	ARTR 7BE	**1,00**		ARTR 1BF	1,44		ARTR 3BG	1,83		ARTR 2BH	0,78
	ARTR 1BE	0,83		ARTR 5BF	1,40		**ARTR 7BG**	**1,00**		ARTR 1BH	0,69
	ARTR 5BE	0,68		**ARTR 7BF**	**1,00**		ARTR 5BG	0,96		ARTR 3BH	0,64
	ARTR 2BE	21,88		ARTR 6BF	1,74		ARTR 4BG	2,10		ARTR 6BH	1,94
Local de Referencia	ARTR 3BE	2,82		ARTR 4BF	1,09		ARTR 2BG	2,06		ARTR 5BH	1,91
UnidadeAmostral 8	ARTR 4BE	2,75		**ARTR 8BF**	**1,00**		ARTR 1BG	1,80		ARTR 7BH	1,08
	ARTR 6BE	1,10		ARTR 2BF	0,88		ARTR 3BG	1,58		**ARTR 8BH**	**1,00**
	ARTR 8BE	**1,00**		ARTR 1BF	0,73		**ARTR 8BG**	**1,00**		ARTR 4BH	0,91
	ARTR 7BE	0,84		ARTR 7BF	0,63		ARTR 7BG	0,95		ARTR 2BH	0,79
	ARTR 5BE	0,63		ARTR 3BF	0,50		ARTR 6BG	0,84		ARTR 1BH	0,68
	ARTR 1BE	0,60		ARTR 5BF	0,49		ARTR 5BG	0,75		ARTR 3BH	0,67
	ARTR 2BE	8,38		ARTR 8BF	3,13		ARTR 4BG	2,44		ARTR 5BH	1,23
Local de Referencia	ARTR 8BE	5,05		ARTR 4BF	2,43		ARTR 2BG	2,22		ARTR 6BH	1,00
UnidadeAmostral 6	ARTR 4BE	2,64		ARTR 2BF	1,77		ARTR 1BG	1,98		ARTR 8BH	0,86
	ARTR 3BE	2,35		ARTR 1BF	1,46		ARTR 3BG	1,68		ARTR 7BH	0,71
	ARTR 6BE	1,35		ARTR 7BF	1,19		ARTR 8BG	1,63		ARTR 4BH	0,66
	ARTR 6BE	**1,00**		**ARTR 6BF**	**1,00**		ARTR 6BG	1,15		ARTR 2BH	0,56
	ARTR 1BE	0,75		ARTR 3BF	0,67		**ARTR 6BG**	**1,00**		ARTR 1BH	0,51
	ARTR 5BE	0,66		ARTR 5BF	0,53		ARTR 5BG	0,84		ARTR 3BH	0,48
	ARTR 2BE	21,18		ARTR 8BF	7,94		ARTR 8BG	3,99		ARTR 6BH	5,33
Local de Referencia	ARTR 8BE	17,70		ARTR 6BF	3,44		ARTR 4BG	3,30		ARTR 5BH	5,11
UnidadeAmostral 1	ARTR 4BE	5,18		ARTR 4BF	2,31		ARTR 2BG	2,90		ARTR 8BH	4,47
	ARTR 3BE	3,57		ARTR 2BF	1,51		ARTR 5BG	2,32		ARTR 7BH	2,70
	ARTR 7BE	2,06		ARTR 3BF	1,37		**ARTR 1BG**	**1,00**		ARTR 4BH	2,43
	ARTR 6BE	2,04		ARTR 5BF	1,11		ARTR 3BG	0,92		ARTR 2BH	1,74
	ARTR 5BE	1,03		**ARTR 1BF**	**1,00**		ARTR 7BG	0,86		ARTR 3BH	1,50
	ARTR 1BE	**1,00**		ARTR 7BF	0,78		ARTR 5BG	0,77		**ARTR 1BH**	**1,00**

O Quadro 83 é interpretado da seguinte forma, usando os primeiros dados como exemplos:

O ARTR, entre bordas, por exemplo: **ARTR 7BE**, significa que a campanha de **primavera**, onde o referencial foi a estação amostral 7 (ARTR 7BE =1,00) apresentou a ordem decrescente ARTR 2BE>ARTR 8BE>ARTR 4BE>ARTR 3BE>ARTR 6BE>**ARTR 7BE**>ARTR 1BE>ARTR 5BE., ordem relacionada então ao local 7 na primavera de 2022.

Por que o resultado foi este?

Analisam-se as taxas que constam Quadro 67, onde a caracterização das taxas dos metais que caracterizam as unidades amostrais e serão diagnósticos, e assim procede-se para qualquer questionamento.

Porque as estações 1BE e 5BE apresentaram-se menores em termos de ARTR do que a estação 7BE?

Procede-se da mesma forma, vai-se até a tabela de cálculo da ARTR para campanha BE (primavera de 2022) e analisam-se as taxas encontradas!

Isto é, na estação 1BE, somente o Cromo (2,64 vezes maior do que o Cr na estação 7BE (a estação tomada como referência para o cálculo), e o Ferro (1,24 vezes maior do que o ferro na estação tomada como referência) apresentaram concentrações mais elevadas os metais restantes apresentaram taxas menores do que aquelas encontradas na estação 7BE (a estação tomada como referência para o cálculo).

Assim desta forma poderemos estabelecer os porquês, mas a relação de causalidade está presente, mas não explicita.

A causalidade é um conceito difícil e muito controverso. Desta maneira, qualquer metodologia causal necessita de uma base conceitual sólida para ser útil e defensável.

Como podem os monitores, avaliadores e gestores ambientais determinar as causas das deficiências ou exageros ambientais?

Esta pergunta é difícil de responder por vários motivos:

1) Os ecossistemas são complexos e as evidências ambientais são diversas. Em especial o sistema fluvial é um sistema muito complexo, as variações longitudinais na hidrogeomorfologia, a variação lateral, em função da construção do canal que pode ser controlado pela tectônica, mas também pela própria variedade dos fluxos em intensidade de transporte erosão e deposição de bancos sedimentares, e a ainda a variação vertical.

2) A maioria dos métodos de análise causal, trata de causalidade geral e não específica.

Portanto, esses métodos podem avaliar se o material mais fino pode diminuir a presença de uma determinada espécie de peixes, ou de macroinvertebrados em função das alterações da transparência da coluna de água, ao invés de evidenciar se foi este material fino quem causou a diminuição dos organismos em um determinado local específico, ou se foi resposta a outro fator ambiental, são os fluxos das águas por exemplo;

3) Nenhum método pode acomodar a variedade e diversidade de evidências frequentemente disponíveis.

Sendo pragmático, pensar é fazer!

A lógica deve levar à ação que resulta no resultado desejado.

Podemos adicionar o pensamento de Peirce, adicionando um terceiro tipo de inferência, abdução, somando-se à dedução e indução (Hacking 2001, Josephson e Josephson 1996).

A abdução ou a utilização da inferência abdutiva identifica a hipótese que melhor explica a informação disponível.

A abdução identifica as causas candidatas que melhor explicam os efeitos observados, que efeitos são esses?

O estado ambiental mapeado ao longo dos anos da bacia hidrográfica do arroio Candiota.

Entretanto pode-se estabelecer que as estações 8 e 6 refletem os usos da Termeletricidade e Mineração do Carvão, respectivamente, usos solidários, mas as outras estações amostrais, unidades amostrais, recebem a influência de todos os usos da bacia hidrográfica.

2.5.22. Avaliação multi-índices

A avaliação multi-índice foi aplicada para avaliar o grau de metal pesado contaminação e risco ecológico, o que nos ajudou a compreender de forma mais abrangente o grau de contaminação por metais e o potencial risco ecológico dos metais.

2.5.23. Índice de qualidade dos sedimentos, fator de contaminação ou indice de contaminação

O fator de contaminação, ou o índice de contaminação ou o índice da qualidade dos sedimentos é obtido a partir da razão entre o valor medido da concentração dos metais, nos sedimentos do corpo d'água e do valor de referência pré-industrial para o mesmo metal.

A computação a equação para o fator de contaminação (Cfi) é a seguinte:

$$C_f^i = C^i / C_n^i$$

Sendo:

Cfi é a concentração medida dos metais pesados nos sedimentos; e,

Cni é o nível de referência usados como pré-industrial padrão (em mg/kg) Turekian & Wedepohl (1961), e Bowen (1979), usando;

- Valores médios da crosta;
- Valores médios dos sedimentos pré-industrial;
- Valores Clarke geoquímico; e
- Valores de folhelhos médios.

Além disso foram utilizados os valores tresholds das concepções dos SQGs,

Foram quatro concepções aqui utilizadas foram:

1- TEC (Treshold Effect Contamination); PEC (Probable Effect Contaminantion), MacDonald, 2000;

2- LEL (Low Effect Level); SEL (severe Effect Level), Persaud, 1993;

3- ERL (Effect Range Low); ERM (Effect Range Median) estabelecidos por NOAA; National Oceanic and Atmospheric Administration; Long et al., (1990).

4- TEL (Treshold Effects Levels), PEL (Probable Effect Contamination), estabelecido e divulgados por MacDonald, (1994).

Quadro 84 - Referencial a Crosta Terrestre. Valores do Índice de contaminação considerando o valor de referência como sendo os valores médios da crosta terrestre. A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação a **laranja** significa alerta e a vermelha significa que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados **verde** significa as amostras recolhidas na primavera, o **azul**, aquelas recolhidas no verão, o **amarelo** aquelas recolhidas no outono e **rosa** as que forma recolhidas no inverno

	Al Crosta (%)	As Crosta (ppm)	Cd Crosta(ppm)	Pb Crosta (ppm)	Cu Crosta (ppm)	Cr Crosta (ppm)	Fe Crosta(%ppm)	Mn Crosta (ppm)	Hg Crosta(ppm)	Ni Crosta(ppm)	Zn Crosta(ppm)
Background (Crosta)	8,20	1,50	0,11	14,00	50,00	100,00	4,10	950,00	0,05	80,00	75,00
1BE	0,00	0,18	2,43	0,02	0,01	0,01	0,03	0,06	0,32	0,01	0,01
2BE	0,02	1,81	2,47	2,44	0,09	0,06	0,10	0,41	0,65	0,07	0,56
3BE	0,01	1,05	14,27	0,11	0,03	0,02	0,03	0,17	0,38	0,04	0,03
4BE	0,01	0,96	13,09	0,12	0,03	0,02	0,09	0,11	0,35	0,04	0,25
5BE	0,00	0,20	2,77	0,02	0,01	0,00	0,02	0,06	0,37	0,01	0,02
6BE	0,01	0,23	3,07	0,07	0,01	0,01	0,06	0,04	0,41	0,03	0,06
7BE	0,01	0,21	2,93	0,02	0,01	0,01	0,03	0,28	0,39	0,02	0,06
8BE	0,02	0,12	16,18	0,01	0,00	0,03	0,13	0,17	0,65	0,04	2,06
1BF	0,01	0,43	5,85	0,05	0,03	0,01	0,05	0,00	0,77	0,02	0,05
2BF	0,02	0,44	5,98	0,05	0,03	0,04	0,11	0,00	0,79	0,02	0,11
3BF	0,01	0,40	5,46	0,37	0,03	0,01	0,03	0,00	0,72	0,02	0,02
4BF	0,02	0,33	4,44	0,03	0,05	0,05	0,23	0,00	0,59	0,05	0,31
5BF	0,01	0,41	5,65	0,22	0,03	0,01	0,03	0,00	0,74	0,02	0,02
6BF	0,01	2,06	28,09	0,56	0,18	0,03	0,03	0,00	0,74	0,08	0,04
7BF	0,01	0,40	5,40	0,04	0,03	0,01	0,03	0,00	0,71	0,01	0,01
8BF	0,02	0,42	5,79	2,77	0,07	0,03	0,12	0,00	0,76	0,02	0,64
1BG	0,01	0,04	0,06	0,02	0,04	0,02	0,06	0,00	0,40	0,01	0,03
2BG	0,01	0,04	0,05	0,11	0,04	0,10	0,16	0,00	0,36	0,07	0,15
3BG	0,01	0,04	0,05	0,02	0,02	0,02	0,05	0,00	0,33	0,01	0,06
4BG	0,01	0,33	0,05	0,09	0,02	0,06	0,10	0,00	0,30	0,06	0,27
5BG	0,00	0,04	0,05	0,02	0,03	0,01	0,03	0,00	0,36	0,01	0,06
6BG	0,00	0,05	0,06	0,12	0,03	0,06	0,10	0,00	0,41	0,07	0,11
7BG	0,01	0,04	0,06	0,02	0,02	0,01	0,03	0,00	0,40	0,01	0,04
8BG	0,00	0,05	0,07	0,13	0,04	0,08	0,09	0,00	0,44	0,07	0,63
1BH	0,01	0,04	0,06	0,02	0,01	0,00	0,07	0,00	0,39	0,01	0,02
2BH	0,02	0,04	0,06	0,14	0,01	0,00	0,06	0,00	0,37	0,01	0,07
3BH	0,01	0,04	0,05	0,17	0,01	0,00	0,05	0,00	0,34	0,01	0,03
4BH	0,02	0,04	0,05	0,12	0,01	0,01	0,08	0,00	0,35	0,02	0,19
5BH	0,04	0,05	0,07	0,48	0,01	0,01	0,14	0,00	0,43	0,04	0,21
6BH	0,03	0,05	0,07	0,38	0,01	0,01	0,17	0,00	0,44	0,08	0,39
7BH	0,02	0,04	0,06	0,30	0,01	0,00	0,07	0,00	0,40	0,02	0,08
8BH	0,01	0,04	0,06	0,17	0,01	0,01	0,08	0,00	0,39	0,01	0,59

Quadro 85 - Referencial aos Sedimentos Pré-industriais. Valores do Índice de contaminação considerando o valor de referência como sendo os valores médios da crosta terrestre. A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação, a **laranja** significa alerta e a vermelha significa que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados **verde** significa as amostras recolhidas na primavera, o **azul**, aquelas recolhidas no verão, o **amarelo** aquelas recolhidas no outono e **rosa** as que forma recolhidas no inverno

Amostras	Al Sed(%)	As Sed (ppm)	Cd Sed (ppm)	Pb Sed (ppm)	Cu Sed(ppm)	Cr Sed (ppm)	Fe Sed(%ppm)	Mn Sed(ppm)	Hg Sed (ppm)	Ni Sed (ppm)	Zn Sed(ppm)
Background(Sedimentos)	7,2	7,7	0,17	19	33	72	4,1	770	0,19	52	95
1BE	0,00	0,03	1,57	0,01	0,01	0,02	0,03	0,08	0,08	0,01	0,01
2BE	0,03	0,35	1,60	1,80	0,13	0,09	0,10	0,50	0,17	0,10	0,44
3BE	0,01	0,20	9,24	0,08	0,05	0,02	0,03	0,22	0,10	0,06	0,02
4BE	0,01	0,19	8,47	0,09	0,04	0,03	0,09	0,14	0,09	0,06	0,20
5BE	0,00	0,04	1,79	0,02	0,01	0,01	0,02	0,08	0,10	0,01	0,02
6BE	0,01	0,04	1,99	0,05	0,01	0,01	0,06	0,05	0,11	0,04	0,05
7BE	0,01	0,04	1,89	0,02	0,01	0,01	0,03	0,35	0,10	0,04	0,05
8BE	0,02	0,02	10,47	0,01	0,01	0,04	0,13	0,21	0,17	0,07	1,63
1BF	0,01	0,08	3,78	0,03	0,05	0,02	0,05	0,28	0,20	0,02	0,04
2BF	0,03	0,09	3,87	0,03	0,05	0,05	0,11	0,19	0,21	0,03	0,09
3BF	0,01	0,08	3,54	0,27	0,04	0,01	0,03	0,07	0,19	0,02	0,01
4BF	0,03	0,06	2,87	0,03	0,08	0,07	0,23	0,13	0,15	0,08	0,25
5BF	0,01	0,08	3,65	0,16	0,05	0,01	0,03	0,03	0,20	0,02	0,02
6BF	0,01	0,40	18,18	0,41	0,27	0,04	0,03	0,03	0,20	0,12	0,03
7BF	0,01	0,08	3,49	0,03	0,04	0,01	0,03	0,27	0,19	0,02	0,01
8BF	0,02	0,08	3,75	2,04	0,11	0,04	0,12	0,13	0,20	0,03	0,51
1BG	0,01	0,01	0,04	0,02	0,06	0,02	0,06	0,20	0,10	0,01	0,03
2BG	0,02	0,01	0,04	0,08	0,07	0,13	0,16	0,25	0,09	0,10	0,12
3BG	0,01	0,01	0,03	0,01	0,04	0,02	0,05	0,10	0,09	0,01	0,05
4BG	0,01	0,06	0,03	0,06	0,04	0,08	0,10	0,26	0,08	0,09	0,21
5BG	0,00	0,01	0,03	0,02	0,04	0,01	0,03	0,11	0,09	0,01	0,05
6BG	0,00	0,01	0,04	0,09	0,05	0,08	0,10	0,07	0,11	0,11	0,09
7BG	0,01	0,01	0,04	0,02	0,03	0,01	0,03	0,28	0,11	0,02	0,04
8BG	0,00	0,01	0,04	0,10	0,06	0,11	0,09	0,19	0,12	0,11	0,50
1BH	0,01	0,01	0,04	0,02	0,01	0,00	0,07	0,20	0,10	0,01	0,02
2BH	0,02	0,01	0,04	0,11	0,01	0,00	0,06	0,20	0,10	0,01	0,05
3BH	0,01	0,01	0,03	0,13	0,01	0,00	0,05	0,14	0,09	0,01	0,02
4BH	0,02	0,01	0,03	0,09	0,01	0,01	0,08	0,21	0,09	0,03	0,15
5BH	0,05	0,01	0,04	0,35	0,01	0,02	0,14	0,81	0,11	0,07	0,17
6BH	0,03	0,01	0,04	0,28	0,01	0,01	0,17	0,33	0,12	0,12	0,31
7BH	0,03	0,01	0,04	0,22	0,01	0,00	0,07	0,40	0,11	0,03	0,07
8BH	0,01	0,01	0,04	0,12	0,01	0,01	0,08	0,37	0,10	0,01	0,46

Quadro 86 - Referencial ao Clarke Geoquímico. Valores do Índice de contaminação considerando o valor de referência como sendo os valores do Clarke geoquímico. A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação, a laranja significa alerta e a vermelha significa que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados **verde** significa as amostras recolhidas na primavera, o **azul**, aquelas recolhidas no verão, o **amarelo** aquelas recolhidas no outono e **rosa** as que forma recolhidas no inverno

	Al Clarke(%)	As Clarke(ppm)	Cd Clarke(ppm)	PbClarke (ppm)	Cu Clarke(ppm)	CrClarke (ppm)	FeClarke(%)	Mn Clarke(ppm)	Hg Clarke(ppm)	Ni Clarke(ppm)	ZnClarke (ppm)
Background(Clarke)	8,36	1,80	0,16	11,00	68,00	122,00	6,20	1060,00	0,08	99,00	76,00
1BE	0,00	0,15	1,67	0,02	0,00	0,01	0,02	0,06	0,20	0,01	0,01
2BE	0,02	1,51	1,70	3,10	0,06	0,05	0,07	0,36	0,41	0,05	0,56
3BE	0,00	0,87	9,81	0,14	0,02	0,01	0,02	0,16	0,24	0,03	0,03
4BE	0,01	0,80	9,00	0,15	0,02	0,02	0,06	0,10	0,22	0,03	0,24
5BE	0,00	0,17	1,91	0,03	0,00	0,00	0,01	0,06	0,23	0,01	0,02
6BE	0,01	0,19	2,11	0,09	0,00	0,01	0,04	0,04	0,25	0,02	0,06
7BE	0,01	0,18	2,01	0,03	0,00	0,00	0,02	0,25	0,24	0,02	0,06
8BE	0,02	0,10	11,13	0,02	0,00	0,02	0,09	0,16	0,41	0,04	2,03
1BF	0,01	0,36	4,02	0,06	0,02	0,01	0,03	0,20	0,48	0,01	0,05
2BF	0,02	0,37	4,11	0,06	0,02	0,03	0,07	0,14	0,49	0,02	0,11
3BF	0,01	0,33	3,76	0,47	0,02	0,01	0,02	0,05	0,45	0,01	0,02
4BF	0,02	0,27	3,05	0,04	0,04	0,04	0,15	0,10	0,37	0,04	0,31
5BF	0,01	0,35	3,88	0,28	0,02	0,01	0,02	0,02	0,47	0,01	0,02
6BF	0,01	1,72	19,31	0,71	0,13	0,03	0,02	0,02	0,46	0,06	0,04
7BF	0,01	0,33	3,71	0,05	0,02	0,01	0,02	0,19	0,45	0,01	0,01
8BF	0,02	0,35	3,98	3,52	0,05	0,02	0,08	0,09	0,48	0,02	0,63
1BG	0,01	0,04	0,04	0,03	0,03	0,01	0,04	0,15	0,25	0,01	0,03
2BG	0,01	0,03	0,04	0,14	0,03	0,08	0,11	0,18	0,22	0,05	0,15
3BG	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,03	0,07	0,21	0,01	0,06
4BG	0,01	0,28	0,03	0,11	0,02	0,05	0,07	0,19	0,19	0,05	0,27
5BG	0,00	0,03	0,04	0,03	0,02	0,01	0,02	0,08	0,22	0,01	0,06
6BG	0,00	0,04	0,04	0,16	0,03	0,05	0,06	0,05	0,26	0,06	0,11
7BG	0,01	0,04	0,04	0,03	0,02	0,00	0,02	0,21	0,25	0,01	0,04
8BG	0,00	0,04	0,05	0,17	0,03	0,06	0,06	0,14	0,28	0,06	0,62
1BH	0,01	0,04	0,04	0,03	0,00	0,00	0,04	0,15	0,24	0,01	0,02
2BH	0,02	0,03	0,04	0,18	0,00	0,00	0,04	0,15	0,23	0,01	0,07
3BH	0,01	0,03	0,04	0,22	0,00	0,00	0,03	0,10	0,22	0,01	0,03
4BH	0,02	0,03	0,04	0,16	0,00	0,01	0,05	0,15	0,22	0,01	0,18
5BH	0,04	0,04	0,04	0,60	0,01	0,01	0,09	0,59	0,27	0,03	0,21
6BH	0,03	0,04	0,05	0,48	0,01	0,00	0,11	0,24	0,28	0,06	0,38
7BH	0,02	0,04	0,04	0,38	0,00	0,00	0,04	0,29	0,25	0,01	0,08
8BH	0,01	0,04	0,04	0,21	0,00	0,01	0,05	0,27	0,25	0,01	0,58

Quadro 87 - Referencial ao Folhelho Médio. Valores do Índice de contaminação considerando o valor de referência como sendo os valores da composição média dos folhelhos. A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação, a laranja significa alerta e a vermelha significa que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados verde significa as amostras recolhidas na primavera, o azul, aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que foram recolhidas no inverno.

	AlFolhelho (%)	AsFolhelho (ppm)	Cd Folhelho(ppm)	Pb Folhelho(ppm)	CuFolhelho (ppm)	CrFolhelho (ppm)	FeFolhelho(%)	MnFolhelho (ppm)	Hg Folhelho(ppm)	Ni Folhelho(ppm)	ZnFolhelho (ppm)
Background(Folhelho)	8,8	13	0,22	23	39	90	4,8	850	0,18	68	120
1BE	0,00	0,02	1,21	0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,09	0,01	0,01
2BE	0,02	0,21	1,24	1,48	0,11	0,07	0,09	0,45	0,18	0,08	0,35
3BE	0,00	0,12	7,14	0,07	0,04	0,02	0,03	0,19	0,11	0,05	0,02
4BE	0,01	0,11	6,55	0,07	0,04	0,03	0,08	0,12	0,10	0,04	0,15
5BE	0,00	0,02	1,39	0,01	0,01	0,00	0,02	0,07	0,10	0,01	0,01
6BE	0,01	0,03	1,54	0,04	0,01	0,01	0,05	0,05	0,11	0,03	0,04
7BE	0,01	0,02	1,46	0,01	0,01	0,01	0,02	0,31	0,11	0,03	0,04
8BE	0,02	0,01	8,09	0,01	0,00	0,03	0,11	0,19	0,18	0,05	1,29
1BF	0,01	0,05	2,92	0,03	0,04	0,01	0,04	0,25	0,21	0,02	0,03
2BF	0,02	0,05	2,99	0,03	0,04	0,04	0,09	0,17	0,22	0,02	0,07
3BF	0,01	0,05	2,73	0,23	0,03	0,01	0,02	0,06	0,20	0,02	0,01
4BF	0,02	0,04	2,22	0,02	0,07	0,06	0,19	0,12	0,16	0,06	0,19
5BF	0,00	0,05	2,82	0,13	0,04	0,01	0,02	0,03	0,21	0,02	0,01
6BF	0,01	0,24	14,05	0,34	0,23	0,03	0,03	0,03	0,21	0,09	0,03
7BF	0,01	0,05	2,70	0,03	0,03	0,01	0,02	0,24	0,20	0,02	0,01
8BF	0,02	0,05	2,90	1,68	0,09	0,03	0,10	0,11	0,21	0,02	0,40
1BG	0,01	0,01	0,03	0,01	0,05	0,02	0,05	0,18	0,11	0,01	0,02
2BG	0,01	0,00	0,03	0,06	0,06	0,11	0,14	0,22	0,10	0,08	0,09
3BG	0,01	0,00	0,03	0,01	0,03	0,02	0,04	0,09	0,09	0,01	0,04
4BG	0,01	0,04	0,02	0,05	0,03	0,07	0,09	0,24	0,08	0,07	0,17
5BG	0,00	0,00	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,10	0,10	0,01	0,04
6BG	0,00	0,01	0,03	0,07	0,04	0,07	0,08	0,07	0,11	0,08	0,07
7BG	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,26	0,11	0,01	0,03
8BG	0,00	0,01	0,03	0,08	0,05	0,08	0,08	0,17	0,12	0,09	0,39
1BH	0,01	0,00	0,03	0,01	0,01	0,00	0,06	0,18	0,11	0,01	0,01
2BH	0,02	0,00	0,03	0,09	0,01	0,00	0,05	0,18	0,10	0,01	0,04
3BH	0,01	0,00	0,03	0,11	0,01	0,00	0,04	0,13	0,10	0,01	0,02
4BH	0,01	0,00	0,03	0,07	0,01	0,01	0,07	0,19	0,10	0,02	0,12
5BH	0,04	0,01	0,03	0,29	0,01	0,02	0,12	0,74	0,12	0,05	0,13
6BH	0,03	0,01	0,03	0,23	0,01	0,01	0,14	0,30	0,12	0,09	0,24
7BH	0,02	0,01	0,03	0,18	0,01	0,00	0,06	0,36	0,11	0,02	0,05
8BH	0,01	0,01	0,03	0,10	0,01	0,01	0,07	0,34	0,11	0,01	0,37

Quadro 88 - Referencial de Valores do Fator de contaminação calculado tendo como referência a concepção TEC (Treshold Effect Contamination). A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação, a laranja significa alerta ea verme *vermelha significa que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados verde significa as amostras recolhidas na primavera, o azul, aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que foram recolhidas no inverno*

	AlTEC (%)	AsTEC (ppm)	Cd TEC(ppm)	Pb TEC(ppm)	CuTEC (ppm)	Cr TEC(ppm)	FeTEC(%)	Mn TEC(ppm)	HgTEC (ppm)	Ni TEC(ppm)	ZnTEC (ppm)
Benchmark(TEC)		9,8	0,99	36	32	43,4	2	460	0,18	23	120
1BE		0,03	0,27	0,01	0,01	0,03	0,07	0,13	0,09	0,02	0,01
2BE		0,28	0,27	0,95	0,13	0,15	0,21	0,84	0,18	0,24	0,35
3BE		0,16	1,59	0,04	0,05	0,04	0,07	0,36	0,11	0,14	0,02
4BE		0,15	1,45	0,05	0,05	0,05	0,18	0,23	0,10	0,13	0,15
5BE		0,03	0,31	0,01	0,01	0,01	0,04	0,13	0,10	0,03	0,01
6BE		0,03	0,34	0,03	0,01	0,02	0,11	0,09	0,11	0,09	0,04
7BE		0,03	0,33	0,01	0,01	0,01	0,05	0,58	0,11	0,09	0,04
8BE		0,02	1,80	0,00	0,01	0,06	0,27	0,36	0,18	0,15	1,29
1BF		0,07	0,65	0,02	0,05	0,03	0,11	0,47	0,21	0,06	0,03
2BF		0,07	0,66	0,02	0,05	0,08	0,22	0,32	0,22	0,07	0,07
3BF		0,06	0,61	0,14	0,04	0,02	0,05	0,12	0,20	0,05	0,01
4BF		0,05	0,49	0,01	0,08	0,12	0,46	0,22	0,16	0,17	0,19
5BF		0,06	0,63	0,09	0,05	0,02	0,06	0,05	0,21	0,05	0,01
6BF		0,32	3,12	0,22	0,28	0,07	0,06	0,05	0,21	0,27	0,03
7BF		0,06	0,60	0,02	0,04	0,02	0,06	0,44	0,20	0,05	0,01
8BF		0,07	0,64	1,08	0,11	0,07	0,24	0,21	0,21	0,07	0,40
1BG		0,01	0,01	0,01	0,06	0,04	0,11	0,34	0,11	0,03	0,02
2BG		0,01	0,01	0,04	0,07	0,22	0,34	0,41	0,10	0,23	0,09
3BG		0,01	0,01	0,01	0,04	0,04	0,10	0,17	0,09	0,03	0,04
4BG		0,05	0,01	0,03	0,04	0,14	0,21	0,44	0,08	0,21	0,17
5BG		0,01	0,01	0,01	0,04	0,02	0,07	0,18	0,10	0,03	0,04
6BG		0,01	0,01	0,05	0,05	0,14	0,20	0,12	0,11	0,24	0,07
7BG		0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,07	0,48	0,11	0,04	0,03
8BG		0,01	0,01	0,05	0,06	0,18	0,18	0,31	0,12	0,26	0,39
1BH		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14	0,34	0,11	0,03	0,01
2BH		0,01	0,01	0,06	0,01	0,01	0,13	0,34	0,10	0,03	0,04
3BH		0,01	0,01	0,07	0,01	0,01	0,09	0,23	0,10	0,02	0,02
4BH		0,01	0,01	0,05	0,01	0,02	0,17	0,35	0,10	0,06	0,12
5BH		0,01	0,01	0,18	0,01	0,03	0,28	1,36	0,12	0,15	0,13
6BH		0,01	0,01	0,15	0,01	0,01	0,34	0,55	0,12	0,27	0,24
7BH		0,01	0,01	0,12	0,01	0,01	0,13	0,67	0,11	0,06	0,05
8BH		0,01	0,01	0,07	0,01	0,02	0,16	0,63	0,11	0,03	0,37

Quadro 89 - Valores do Fator de contaminação tendo como referência a concepção LEL (Low Effect Level). A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação, a laranja significa alerta e a vermelha significa que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados verde significa as amostras recolhidas na primavera, o azul, aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que foram recolhidas no inverno

	Al LEL (%)	As LEL(ppm)	CdLEL (ppm)	Pb LEL(ppm)	CuLEL (ppm)	CrLEL (ppm)	FeLEL(%)	MnLEL (ppm)	HgLEL (ppm)	Ni LEL(ppm)	ZnLEL (ppm)
Benchmark(LEL)		6	0,6	31	16	26	2	460	0,2	16	120
1BE		0,00	0,45	0,01	0,02	0,05	0,07	0,13	0,08	0,03	0,01
2BE		0,03	0,45	1,10	0,27	0,24	0,21	0,84	0,16	0,34	0,35
3BE		0,01	2,62	0,05	0,10	0,06	0,07	0,36	0,09	0,20	0,02
4BE		0,01	2,40	0,05	0,09	0,09	0,18	0,23	0,09	0,18	0,15
5BE		0,00	0,51	0,01	0,02	0,02	0,04	0,13	0,09	0,04	0,01
6BE		0,01	0,56	0,03	0,02	0,03	0,11	0,09	0,10	0,13	0,04
7BE		0,01	0,54	0,01	0,02	0,02	0,05	0,58	0,10	0,12	0,04
8BE		0,03	2,97	0,01	0,01	0,10	0,27	0,36	0,16	0,22	1,29
1BF		0,01	1,07	0,02	0,10	0,05	0,11	0,47	0,19	0,08	0,03
2BF		0,03	1,10	0,02	0,11	0,14	0,22	0,32	0,20	0,11	0,07
3BF		0,01	1,00	0,17	0,08	0,03	0,05	0,12	0,18	0,08	0,01
4BF		0,03	0,81	0,02	0,17	0,20	0,46	0,22	0,15	0,25	0,19
5BF		0,01	1,04	0,10	0,11	0,04	0,06	0,05	0,19	0,08	0,01
6BF		0,01	5,15	0,25	0,57	0,12	0,06	0,05	0,19	0,39	0,03
7BF		0,01	0,99	0,02	0,08	0,04	0,06	0,44	0,18	0,07	0,01
8BF		0,02	1,06	1,25	0,23	0,12	0,24	0,21	0,19	0,10	0,40
1BG		0,01	0,01	0,01	0,12	0,07	0,11	0,34	0,10	0,04	0,02
2BG		0,02	0,01	0,05	0,14	0,37	0,34	0,41	0,09	0,33	0,09
3BG		0,01	0,01	0,01	0,08	0,06	0,10	0,17	0,08	0,04	0,04
4BG		0,01	0,01	0,04	0,08	0,23	0,21	0,44	0,07	0,30	0,17
5BG		0,01	0,01	0,01	0,08	0,03	0,07	0,18	0,09	0,04	0,04
6BG		0,00	0,01	0,06	0,11	0,23	0,20	0,12	0,10	0,35	0,07
7BG		0,01	0,01	0,01	0,06	0,02	0,07	0,48	0,10	0,05	0,03
8BG		0,00	0,01	0,06	0,12	0,29	0,18	0,31	0,11	0,37	0,39
1BH		0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,14	0,34	0,10	0,04	0,01
2BH		0,03	0,01	0,06	0,02	0,01	0,13	0,34	0,09	0,04	0,04
3BH		0,01	0,01	0,08	0,02	0,01	0,09	0,23	0,09	0,04	0,02
4BH		0,02	0,01	0,06	0,02	0,03	0,17	0,35	0,09	0,08	0,12
5BH		0,06	0,01	0,21	0,02	0,06	0,28	1,36	0,11	0,22	0,13
6BH		0,04	0,01	0,17	0,02	0,02	0,34	0,55	0,11	0,38	0,24
7BH		0,03	0,01	0,13	0,02	0,01	0,13	0,67	0,10	0,09	0,05
8BH		0,02	0,01	0,08	0,02	0,04	0,16	0,63	0,10	0,05	0,37

Quadro 90 - Valores do Fator de contaminação tendo como referência a concepção ERL (Effect Range Low). A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação, a laranja significa alerta e a vermelha significa que uma concentração que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados verde *significa as amostras recolhidas na primavera, o azul, aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que foram recolhidas no inverno*

	Al ERL(%)	AsERL (ppm)	Cd ERL(ppm)	Pb ERL(ppm)	CuERL (ppm)	Cr ERL(ppm)	Fe ERL(%)	Mn ERL(ppm)	Hg ERL(ppm)	Ni ERL(ppm)	Zn ERL (ppm)
Benchmark(ERL)		8,2	1,2	46,7	34	81			0,15	20,9	150
1BE		0,03	0,22	0,01	0,01	0,02			0,11	0,03	0,01
2BE		0,33	0,23	0,73	0,13	0,08			0,22	0,26	0,28
3BE		0,19	1,31	0,03	0,05	0,02			0,13	0,15	0,01
4BE		0,18	1,20	0,03	0,04	0,03			0,12	0,14	0,12
5BE		0,04	0,25	0,01	0,01	0,01			0,12	0,03	0,01
6BE		0,04	0,28	0,02	0,01	0,01			0,14	0,10	0,03
7BE		0,04	0,27	0,01	0,01	0,01			0,13	0,09	0,03
8BE		0,02	1,48	0,00	0,01	0,03			0,22	0,17	1,03
1BF		0,08	0,54	0,01	0,05	0,02			0,26	0,06	0,02
2BF		0,08	0,55	0,01	0,05	0,04			0,26	0,08	0,06
3BF		0,07	0,50	0,11	0,04	0,01			0,24	0,06	0,01
4BF		0,06	0,41	0,01	0,08	0,06			0,20	0,19	0,16
5BF		0,08	0,52	0,07	0,05	0,01			0,25	0,06	0,01
6BF		0,38	2,58	0,17	0,27	0,04			0,25	0,30	0,02
7BF		0,07	0,50	0,01	0,04	0,01			0,24	0,06	0,01
8BF		0,08	0,53	0,83	0,11	0,04			0,25	0,08	0,32
1BG		0,01	0,01	0,01	0,06	0,02			0,13	0,03	0,02
2BG		0,01	0,00	0,03	0,06	0,12			0,12	0,25	0,07
3BG		0,01	0,00	0,01	0,04	0,02			0,11	0,03	0,03
4BG		0,06	0,00	0,03	0,04	0,07			0,10	0,23	0,14
5BG		0,01	0,00	0,01	0,04	0,01			0,12	0,03	0,03
6BG		0,01	0,01	0,04	0,05	0,07			0,14	0,26	0,05
7BG		0,01	0,01	0,01	0,03	0,01			0,13	0,04	0,02
8BG		0,01	0,01	0,04	0,05	0,09			0,15	0,28	0,32
1BH		0,01	0,01	0,01	0,01	0,00			0,13	0,03	0,01
2BH		0,01	0,01	0,04	0,01	0,00			0,12	0,03	0,03
3BH		0,01	0,00	0,05	0,01	0,00			0,11	0,03	0,01
4BH		0,01	0,00	0,04	0,01	0,01			0,12	0,06	0,09
5BH		0,01	0,01	0,14	0,01	0,02			0,14	0,16	0,11
6BH		0,01	0,01	0,11	0,01	0,01			0,15	0,29	0,19
7BH		0,01	0,01	0,09	0,01	0,00			0,13	0,07	0,04
8BH		0,01	0,01	0,05	0,01	0,01			0,13	0,04	0,29

Quadro 91 - Valores do Fator de contaminação tendo como referência a concepção TEL(Treshold Effects Levels). A coloração verde significa que não há contaminação apontada pelo fator de contaminação, a laranja significa alerta e a vermelha significa que uma concentração acima do valore de referência. Já a coloração para as colunas das estações amostrais, tem os seguintes significados **verde** significa as amostras recolhidas na primavera, o **azul**, aquelas recolhidas no verão, o **amarelo** aquelas recolhidas no outono e **rosa** as que foram recolhidas no inverno

	AlTEL (%)	As TEL(ppm)	Cd TEL(ppm)	PbTEL (ppm)	Cu TEL(ppm)	Cr TEL(ppm)	FeTEL(%)	Mn TEL(ppm)	Hg TEL(ppm)	Ni TEL(ppm)	Zn TEL(ppm)
Benchmark(TEL)		5,9	0,6	35	35,7	37,3			0,17	18	123
1BE		0,05	0,45	0,01	0,01	0,04			0,09	0,03	0,01
2BE		0,46	0,45	0,97	0,12	0,17			0,19	0,30	0,34
3BE		0,27	2,62	0,04	0,04	0,04			0,11	0,18	0,02
4BE		0,24	2,40	0,05	0,04	0,06			0,10	0,16	0,15
5BE		0,05	0,51	0,01	0,01	0,01			0,11	0,04	0,01
6BE		0,06	0,56	0,03	0,01	0,02			0,12	0,11	0,04
7BE		0,05	0,54	0,01	0,01	0,01			0,11	0,11	0,04
8BE		0,03	2,97	0,01	0,00	0,07			0,19	0,20	1,26
1BF		0,11	1,07	0,02	0,04	0,04			0,23	0,07	0,03
2BF		0,11	1,10	0,02	0,05	0,09			0,23	0,09	0,07
3BF		0,10	1,00	0,15	0,04	0,02			0,21	0,07	0,01
4BF		0,08	0,81	0,01	0,07	0,14			0,17	0,22	0,19
5BF		0,11	1,04	0,09	0,05	0,03			0,22	0,07	0,01
6BF		0,52	5,15	0,22	0,25	0,08			0,22	0,34	0,03
7BF		0,10	0,99	0,02	0,04	0,03			0,21	0,07	0,01
8BF		0,11	1,06	1,11	0,10	0,08			0,22	0,09	0,39
1BG		0,01	0,01	0,01	0,05	0,05			0,12	0,04	0,02
2BG		0,01	0,01	0,04	0,06	0,26			0,11	0,29	0,09
3BG		0,01	0,01	0,01	0,03	0,05			0,10	0,04	0,03
4BG		0,08	0,01	0,04	0,03	0,16			0,09	0,27	0,16
5BG		0,01	0,01	0,01	0,04	0,02			0,10	0,04	0,04
6BG		0,01	0,01	0,05	0,05	0,16			0,12	0,31	0,07
7BG		0,01	0,01	0,01	0,03	0,02			0,12	0,05	0,03
8BG		0,01	0,01	0,05	0,05	0,20			0,13	0,33	0,39
1BH		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			0,11	0,04	0,01
2BH		0,01	0,01	0,06	0,01	0,01			0,11	0,03	0,04
3BH		0,01	0,01	0,07	0,01	0,01			0,10	0,03	0,02
4BH		0,01	0,01	0,05	0,01	0,02			0,10	0,07	0,11
5BH		0,01	0,01	0,19	0,01	0,04			0,13	0,19	0,13
6BH		0,01	0,01	0,15	0,01	0,02			0,13	0,34	0,24
7BH		0,01	0,01	0,12	0,01	0,01			0,12	0,08	0,05
8BH		0,01	0,01	0,07	0,01	0,03			0,12	0,04	0,36

2.5.24. Índices de geoacumulação

O Índice de Geoacumulação, proposto por Müller em 1969

Ele é calculado pela equação:

$$\text{Igeo} = \log\left(\frac{Cn}{1.5 \times Bn}\right)$$

Sendo:

Cn é a concentração medida do elemento i no sedimento ou na superfície do solo, e Bn é a concentração do elemento i na crosta terrestre ou em sedimentos da era pré-industrial, ou no Clarke geoquímico, ou na composição média dos Folhelhos, sendo possível adotar para este último parâmetro a concentração do elemento i em solos naturais locais, se for conhecida.

1,5 diz respeito a possível flutuação natural de um determinado conteúdo metálico no meio ambiente com pouca influência antrópica.

Com base no valor do índice de geoacumulação, unidades amostrais de sedimentos são classificadas de acordo, o que atesta à qualidade do material investigado.

A interpretação dos resultados pode ser realizada conforme intervalos Quadro 92, e os resultados expostos nos Quadro 92, 94, 95 e 96, cada uma delas calculado o Igeo com referências diferentes, isto é crosta terrestre, sedimentos pré-industriais, composição do Folhelho médio e por fim o Clarke geoquímico, respectivamente.

O índice de geoacumulação consiste em 7 graus ou classes (Muller, 1981).

O índice de geoacumulação que tem as seguintes classes nominais: <0 praticamente não contaminado; entre 0 e 1 não contaminado a moderadamente contaminado;1 e 2 moderadamente contaminado; 2 e 3 moderadamente a altamente contaminado; 3 e 4 altamente contaminado; 4 e 5 altamente a extremamente contaminado e entre 5 e 6 extremamente contaminado, estas classes nominais estão referenciadas na deste relatório.

No Quadro 92 apresentam-se os resultados obtidos.

Quadro 92 - Valores do Índice de geoacumulação (Igeo), tendo com a referência os valores médios da crosta terrestre. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera, o azul aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que forma recolhidas no inverno.

CROSTA	*CROSTA*	*CROSTA*	*CROSTA*	*CROSTA*	*CROSTA*	*CROSTA*	*CROSTA*	*CROSTA*	*CROSTA*	*CROSTA*	*CROSTA*
Metais Totais	**Igeo Al**	**Igeo As**	**Igeo Cd**	**Igeo Pb**	**Igeo Cu**	**Igeo Cr**	**Igeo Fe**	**Igeo Mn**	**Igeo Hg**	**Igeo Ni**	**Igeo**
1BE	-8,96	-3,08	0,69	-6,30	-8,13	-6,73	-5,51	-4,58	-2,23	-7,81	-6,89
2BE	-6,08	0,27	0,72	0,70	-4,13	-4,56	-3,88	-1,88	-1,20	-4,46	-1,41
3BE	-8,22	-0,52	3,25	-3,74	-5,58	-6,58	-5,43	-3,10	-1,99	-5,25	-5,85
4BE	-7,53	-0,64	3,13	-3,70	-5,70	-6,05	-4,07	-3,76	-2,12	-5,38	-2,60
5BE	-9,14	-2,88	0,89	-6,11	-7,94	-8,50	-6,30	-4,61	-2,04	-7,46	-6,21
6BE	-7,93	-2,73	1,03	-4,41	-7,79	-7,59	-4,76	-5,08	-1,89	-5,88	-4,59
7BE	-7,64	-2,80	0,96	-6,03	-7,86	-8,13	-5,82	-2,42	-1,96	-5,93	-4,61
8BE	-6,32	-3,66	3,43	-6,88	-8,72	-5,90	-3,51	-3,11	-1,20	-5,08	0,46
1BF	-7,20	-1,81	1,96	-5,03	-5,61	-6,83	-4,85	-2,73	-0,96	-6,54	-5,01
2BF	-5,99	-1,77	2,00	-5,00	-5,47	-5,42	-3,80	-3,29	-0,93	-6,16	-3,76
3BF	-7,87	-1,90	1,86	-2,02	-5,82	-7,52	-5,85	-4,72	-1,05	-6,64	-6,31
4BF	-6,05	-2,20	1,56	-5,43	-4,82	-4,88	-2,73	-3,79	-1,36	-4,92	-2,27
5BF	-8,14	-1,86	1,91	-2,76	-5,48	-7,23	-5,76	-6,02	-1,01	-6,60	-5,99
6BF	-7,98	0,46	4,23	-1,43	-3,05	-5,60	-5,60	-5,93	-1,02	-4,28	-5,19
7BF	-7,93	-1,92	1,85	-5,14	-5,84	-7,33	-5,79	-2,80	-1,07	-6,66	-6,70
8BF	-6,38	-1,82	1,95	0,88	-4,36	-5,64	-3,70	-3,88	-0,97	-6,23	-1,23
1BG	-7,81	-5,08	-4,64	-5,98	-5,26	-6,42	-4,77	-3,18	-1,91	-7,50	-5,50
2BG	-6,65	-5,24	-4,79	-3,82	-5,10	-3,95	-3,19	-2,91	-2,07	-4,51	-3,35
3BG	-7,71	-5,34	-4,90	-6,24	-5,93	-6,48	-4,94	-4,21	-2,18	-7,45	-4,72
4BG	-7,13	-2,17	-5,04	-4,09	-5,93	-4,66	-3,86	-2,82	-2,34	-4,63	-2,47
5BG	-8,43	-5,25	-4,80	-6,15	-5,87	-7,51	-5,48	-4,07	-2,08	-7,52	-4,62
6BG	-10,05	-5,04	-4,59	-3,62	-5,45	-4,64	-3,97	-4,68	-1,86	-4,44	-3,79
7BG	-8,06	-5,08	-4,63	-5,98	-6,20	-8,04	-5,42	-2,70	-1,91	-7,18	-5,08
8BG	-10,31	-4,93	-4,48	-3,50	-5,34	-4,30	-4,09	-3,30	-1,76	-4,34	-1,25
1BH	-7,33	-5,12	-4,67	-6,02	-7,86	-8,86	-4,49	-3,20	-1,95	-7,54	-6,22
2BH	-6,34	-5,19	-4,74	-3,39	-7,92	-8,92	-4,60	-3,19	-2,02	-7,60	-4,51
3BH	-7,35	-5,30	-4,85	-3,12	-8,03	-9,03	-5,02	-3,74	-2,12	-7,71	-5,80
4BH	-6,58	-5,29	-4,84	-3,62	-8,02	-7,47	-4,22	-3,16	-2,12	-6,50	-3,01
5BH	-5,10	-4,97	-4,52	-1,66	-7,71	-6,68	-3,44	-1,19	-1,80	-5,12	-2,82
6BH	-5,70	-4,94	-4,49	-2,00	-7,67	-7,97	-3,18	-2,50	-1,77	-4,29	-1,95
7BH	-6,09	-5,07	-4,62	-2,34	-7,81	-8,81	-4,52	-2,20	-1,90	-6,41	-4,15
8BH	-6,98	-5,10	-4,65	-3,15	-7,84	-7,14	-4,26	-2,31	-1,94	-7,28	-1,36

Quadro 93 - Valores do Índice de Geoacumulação (Igeo), tendo como valores de referência a composição média dos sedimentos preá industriais do planeta. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera, o azul aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que forma recolhidas no inverno

SEDIMENTOS	*SEDIMENTOS*	*SEDIMENTOS*	*SEDIMENTOS*	*SEDIMENTOS*	*SEDIMENTOS*	*SEDIMENTOS*	*SEDIMENTOS*	*SEDIMENTOS*	*SEDIMENTOS*	*SEDIMENTOS*	*SEDIMENTOS*
Metais Totais	**Igeo Al**	**Igeo As**	**Igeo Cd**	**Igeo Pb**	**Igeo Cu**	**Igeo Cr**	**Igeo Fe**	**Igeo Mn**	**Igeo Hg**	**Igeo Ni**	**Igeo**
1BE	-8,77	-5,43	0,07	-6,74	-7,53	-6,26	-5,51	-4,27	-4,15	-7,19	-7,23
2BE	-5,89	-2,09	0,09	0,26	-3,54	-4,09	-3,88	-1,58	-3,13	-3,84	-1,76
3BE	-8,03	-2,88	2,62	-4,18	-4,98	-6,10	-5,43	-2,80	-3,91	-4,63	-6,19
4BE	-7,34	-3,00	2,50	-4,14	-5,10	-5,57	-4,07	-3,46	-4,04	-4,76	-2,94
5BE	-8,95	-5,24	0,26	-6,55	-7,34	-8,03	-6,30	-4,31	-3,96	-6,84	-6,55
6BE	-7,74	-5,09	0,41	-4,85	-7,19	-7,12	-4,76	-4,78	-3,81	-5,26	-4,93
7BE	-7,45	-5,16	0,34	-6,47	-7,26	-7,66	-5,82	-2,12	-3,88	-5,31	-4,95
8BE	-6,14	-6,02	2,80	-7,32	-8,12	-5,42	-3,51	-2,80	-3,13	-4,45	0,12
1BF	-7,01	-4,17	1,33	-5,47	-5,01	-6,35	-4,85	-2,43	-2,88	-5,92	-5,35
2BF	-5,80	-4,13	1,37	-5,44	-4,87	-4,94	-3,80	-2,99	-2,85	-5,54	-4,10
3BF	-7,68	-4,26	1,24	-2,46	-5,22	-7,05	-5,85	-4,41	-2,98	-6,02	-6,65
4BF	-5,87	-4,56	0,94	-5,87	-4,22	-4,41	-2,73	-3,49	-3,28	-4,30	-2,61
5BF	-7,96	-4,22	1,28	-3,21	-4,88	-6,75	-5,76	-5,72	-2,94	-5,98	-6,33
6BF	-7,79	-1,90	3,60	-1,87	-2,45	-5,13	-5,60	-5,62	-2,94	-3,66	-5,53
7BF	-7,74	-4,28	1,22	-5,58	-5,24	-6,85	-5,79	-2,50	-3,00	-6,03	-7,04
8BF	-6,19	-4,18	1,32	0,44	-3,76	-5,17	-3,70	-3,58	-2,90	-5,61	-1,57
1BG	-7,62	-7,44	-5,26	-6,42	-4,66	-5,95	-4,77	-2,88	-3,84	-6,88	-5,84
2BG	-6,46	-7,60	-5,42	-4,26	-4,50	-3,48	-3,19	-2,61	-3,99	-3,88	-3,69
3BG	-7,53	-7,70	-5,52	-6,68	-5,33	-6,01	-4,94	-3,91	-4,10	-6,83	-5,06
4BG	-6,95	-4,53	-5,67	-4,53	-5,33	-4,19	-3,86	-2,52	-4,27	-4,01	-2,81
5BG	-8,24	-7,61	-5,43	-6,59	-5,27	-7,04	-5,48	-3,77	-4,00	-6,90	-4,97
6BG	-9,86	-7,40	-5,22	-4,06	-4,86	-4,17	-3,97	-4,38	-3,79	-3,82	-4,13
7BG	-7,87	-7,44	-5,26	-6,42	-5,60	-7,57	-5,42	-2,40	-3,83	-6,56	-5,42
8BG	-10,12	-7,29	-5,11	-3,95	-4,74	-3,83	-4,09	-3,00	-3,68	-3,72	-1,59
1BH	-7,15	-7,48	-5,30	-6,46	-7,26	-8,39	-4,49	-2,90	-3,88	-6,92	-6,56
2BH	-6,16	-7,55	-5,37	-3,83	-7,32	-8,45	-4,60	-2,89	-3,95	-6,98	-4,85
3BH	-7,16	-7,66	-5,48	-3,56	-7,44	-8,56	-5,02	-3,43	-4,05	-7,09	-6,14
4BH	-6,39	-7,65	-5,47	-4,06	-7,43	-7,00	-4,22	-2,85	-4,04	-5,87	-3,35
5BH	-4,91	-7,33	-5,15	-2,10	-7,11	-6,21	-3,44	-0,88	-3,72	-4,50	-3,16
6BH	-5,51	-7,30	-5,12	-2,44	-7,08	-7,50	-3,18	-2,20	-3,70	-3,67	-2,29
7BH	-5,90	-7,43	-5,25	-2,78	-7,21	-8,34	-4,52	-1,90	-3,83	-5,79	-4,49
8BH	-6,79	-7,46	-5,28	-3,59	-7,24	-6,67	-4,26	-2,00	-3,86	-6,66	-1,70

Quadro 94 - Valores do Índice de geoacumulação tendo como valores de referência a composição do folhelho médio. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera, o azul, aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que foram recolhidas no inverno

FOLHELHOS	*FOLHELHOS*	*FOLHELHOS*	*FOLHELHOS*	*FOLHELHOS*	*FOLHELHOS*	*FOLHELHOS*	*FOLHELHOS*	*FOLHELHOS*	*FOLHELHOS*	*FOLHELHOS*	*FOLHELHOS*
Metais Totais	Igeo Al	Igeo As	Igeo Cd	Igeo Pb	Igeo Cu	Igeo Cr	Igeo Fe	Igeo Mn	Igeo Hg	Igeo Ni	Igeo Zn
1BE	-9,06	-6,19	-0,31	-7,01	-7,78	-6,58	-5,74	-4,41	-4,08	-7,58	-7,56
2BE	-6,18	-2,84	-0,28	-0,02	-3,78	-4,41	-4,10	-1,72	-3,05	-4,23	-2,09
3BE	-8,32	-3,63	2,25	-4,46	-5,22	-6,43	-5,65	-2,94	-3,84	-5,02	-6,53
4BE	-7,63	-3,76	2,13	-4,41	-5,34	-5,89	-4,30	-3,60	-3,96	-5,15	-3,28
5BE	-9,24	-6,00	-0,11	-6,82	-7,58	-8,35	-6,53	-4,45	-3,88	-7,22	-6,89
6BE	-8,03	-5,85	0,03	-5,13	-7,44	-7,44	-4,99	-4,92	-3,73	-5,64	-5,27
7BE	-7,74	-5,92	-0,04	-6,74	-7,51	-7,98	-6,05	-2,26	-3,81	-5,69	-5,28
8BE	-6,43	-6,78	2,43	-7,60	-8,36	-5,74	-3,74	-2,95	-3,05	-4,84	-0,22
1BF	-7,30	-4,92	0,96	-5,75	-5,25	-6,68	-5,08	-2,57	-2,81	-6,31	-5,68
2BF	-6,09	-4,89	1,00	-5,71	-5,11	-5,27	-4,03	-3,13	-2,77	-5,92	-4,44
3BF	-7,97	-5,02	0,86	-2,74	-5,46	-7,37	-6,08	-4,55	-2,90	-6,41	-6,99
4BF	-6,16	-5,32	0,56	-6,14	-4,46	-4,73	-2,96	-3,63	-3,20	-4,69	-2,95
5BF	-8,25	-4,97	0,91	-3,48	-5,12	-7,08	-5,98	-5,86	-2,86	-6,36	-6,67
6BF	-8,08	-2,66	3,23	-2,15	-2,69	-5,45	-5,82	-5,77	-2,86	-4,04	-5,86
7BF	-8,03	-5,04	0,85	-5,86	-5,48	-7,17	-6,01	-2,64	-2,92	-6,42	-7,38
8BF	-6,48	-4,94	0,95	0,17	-4,00	-5,49	-3,93	-3,72	-2,82	-5,99	-1,91
1BG	-7,91	-8,20	-5,64	-6,70	-4,90	-6,27	-5,00	-3,02	-3,76	-7,26	-6,18
2BG	-6,75	-8,35	-5,79	-4,53	-4,74	-3,80	-3,42	-2,75	-3,91	-4,27	-4,03
3BG	-7,82	-8,46	-5,90	-6,96	-5,57	-6,33	-5,17	-4,05	-4,02	-7,21	-5,39
4BG	-7,24	-5,29	-6,04	-4,81	-5,57	-4,51	-4,08	-2,66	-4,19	-4,39	-3,15
5BG	-8,53	-8,36	-5,80	-6,86	-5,51	-7,36	-5,71	-3,91	-3,92	-7,28	-5,30
6BG	-10,15	-8,15	-5,59	-4,33	-5,10	-4,49	-4,20	-4,52	-3,71	-4,21	-4,46
7BG	-8,16	-8,19	-5,63	-6,69	-5,84	-7,89	-5,65	-2,54	-3,75	-6,95	-5,76
8BG	-10,41	-8,04	-5,48	-4,22	-4,98	-4,15	-4,31	-3,14	-3,60	-4,11	-1,93
1BH	-7,44	-8,24	-5,67	-6,74	-7,50	-8,71	-4,71	-3,04	-3,80	-7,30	-6,90
2BH	-6,45	-8,30	-5,74	-4,11	-7,56	-8,77	-4,82	-3,03	-3,87	-7,37	-5,18
3BH	-7,45	-8,41	-5,85	-3,83	-7,68	-8,88	-5,25	-3,58	-3,97	-7,48	-6,48
4BH	-6,68	-8,41	-5,84	-4,33	-7,67	-7,32	-4,45	-2,99	-3,96	-6,26	-3,69
5BH	-5,20	-8,08	-5,52	-2,38	-7,35	-6,53	-3,67	-1,02	-3,64	-4,89	-3,50
6BH	-5,80	-8,05	-5,49	-2,71	-7,32	-7,82	-3,41	-2,34	-3,62	-4,06	-2,63
7BH	-6,19	-8,19	-5,62	-3,06	-7,45	-8,66	-4,75	-2,04	-3,75	-6,18	-4,83
8BH	-7,08	-8,22	-5,65	-3,87	-7,48	-6,99	-4,48	-2,15	-3,78	-7,04	-2,04

Quadro 95 -Valores do Índice de Geoacumulação tendo como referência os valores do Clarke da prospecção geoquímica. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera, o azul, aquelas recolhidas no verão, o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as queforam recolhidas no inverno

CLARKE GEOQ.	*CLARKE GEOQ.*	*CLARKE GEOQ.*	*CLARKE GEOQ.*	*CLARKE GEOQ.*	*CLARKE GEOQ.*	*CLARKE GEOQ.*	*CLARKE GEOQ.*	*CLARKE GEOQ.*	*CLARKE GEOQ.*	*CLARKE GEOQ.*	*CLARKE GEOQ.*
Metais Totais	Igeo Al	Igeo As	Igeo Cd	Igeo Pb	Igeo Cu	Igeo Cr	Igeo Fe	Igeo Mn	Igeo Hg	Igeo Ni	Igeo Zn
1BE	-8,98	-3,34	0,15	-5,95	-8,58	-7,02	-6,11	-4,73	-2,91	-8,12	-6,91
2BE	-6,11	0,01	0,18	1,05	-4,58	-4,85	-4,47	-2,04	-1,88	-4,77	-1,43
3BE	-8,25	-0,78	2,71	-3,39	-6,02	-6,86	-6,02	-3,26	-2,67	-5,56	-5,87
4BE	-7,56	-0,91	2,58	-3,35	-6,15	-6,33	-4,67	-3,92	-2,79	-5,69	-2,62
5BE	-9,17	-3,15	0,35	-5,76	-8,39	-8,79	-6,90	-4,77	-2,71	-7,76	-6,23
6BE	-7,96	-3,00	0,49	-4,06	-8,24	-7,88	-5,36	-5,24	-2,56	-6,19	-4,61
7BE	-7,67	-3,07	0,42	-5,68	-8,31	-8,42	-6,42	-2,58	-2,64	-6,24	-4,62
8BE	-6,35	-3,92	2,89	-6,53	-9,16	-6,18	-4,11	-3,26	-1,88	-5,38	0,44
1BF	-7,23	-2,07	1,42	-4,68	-6,05	-7,12	-5,45	-2,89	-1,64	-6,85	-5,03
2BF	-6,01	-2,04	1,46	-4,65	-5,92	-5,70	-4,40	-3,45	-1,60	-6,47	-3,78
3BF	-7,90	-2,17	1,32	-1,67	-6,26	-7,81	-6,45	-4,87	-1,73	-6,95	-6,33
4BF	-6,08	-2,47	1,02	-5,08	-5,26	-5,17	-3,33	-3,95	-2,03	-5,23	-2,29
5BF	-8,17	-2,12	1,37	-2,42	-5,92	-7,52	-6,35	-6,18	-1,69	-6,90	-6,01
6BF	-8,00	0,19	3,69	-1,08	-3,50	-5,89	-6,19	-6,09	-1,69	-4,58	-5,21
7BF	-7,96	-2,18	1,31	-4,80	-6,28	-7,61	-6,38	-2,96	-1,75	-6,96	-6,72
8BF	-6,40	-2,08	1,41	1,23	-4,80	-5,93	-4,30	-4,04	-1,65	-6,54	-1,25
1BG	-7,83	-5,35	-5,18	-5,64	-5,70	-6,71	-5,37	-3,34	-2,59	-7,81	-5,52
2BG	-6,68	-5,50	-5,33	-3,47	-5,54	-4,24	-3,79	-3,07	-2,75	-4,81	-3,37
3BG	-7,74	-5,61	-5,44	-5,90	-6,37	-6,77	-5,54	-4,37	-2,85	-7,76	-4,74
4BG	-7,16	-2,43	-5,58	-3,75	-6,37	-4,95	-4,45	-2,98	-3,02	-4,94	-2,49
5BG	-8,46	-5,51	-5,34	-5,80	-6,32	-7,80	-6,08	-4,23	-2,75	-7,82	-4,64
6BG	-10,08	-5,30	-5,13	-3,27	-5,90	-4,93	-4,57	-4,84	-2,54	-4,75	-3,80
7BG	-8,08	-5,34	-5,17	-5,63	-6,64	-8,33	-6,02	-2,86	-2,58	-7,49	-5,10
8BG	-10,34	-5,19	-5,02	-3,16	-5,78	-4,59	-4,68	-3,46	-2,43	-4,65	-1,27
1BH	-7,36	-5,39	-5,22	-5,67	-8,30	-9,15	-5,08	-3,36	-2,63	-7,84	-6,24
2BH	-6,37	-5,45	-5,28	-3,04	-8,37	-9,21	-5,19	-3,35	-2,70	-7,91	-4,53
3BH	-7,38	-5,56	-5,39	-2,77	-8,48	-9,32	-5,62	-3,89	-2,80	-8,02	-5,82
4BH	-6,61	-5,55	-5,38	-3,27	-8,47	-7,76	-4,82	-3,31	-2,79	-6,80	-3,03
5BH	-5,12	-5,23	-5,06	-1,31	-8,15	-6,97	-4,03	-1,34	-2,47	-5,43	-2,84
6BH	-5,73	-5,20	-5,03	-1,65	-8,12	-8,26	-3,78	-2,66	-2,45	-4,60	-1,97
7BH	-6,11	-5,33	-5,16	-1,99	-8,25	-9,10	-5,12	-2,36	-2,58	-6,72	-4,17
8BH	-7,01	-5,37	-5,20	-2,81	-8,29	-7,43	-4,85	-2,46	-2,61	-7,59	-1,38

2.5.25. Fator de enriquecimento (EF)

Numa tentativa de compreender a variabilidade natural dos metais nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, foi realizada uma normalização usando como referência o fator de enriquecimento (EF), a fim de evidenciar qualquer contribuição antropogênica para o enriquecimento de metais. O fator de enriquecimento (EF) nos sedimentos foi calculado usando Fe, e o Al como um normalizador.

Os valores de EF nos sedimentos variaram conforme as Quadro 96 até 104.

Quadro 96 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Ferro como o elemento referencial normalizador, e a composição média da crosta terrestre como os valores de referência. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera; o azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas recolhidas no outono e; rosa as que foram recolhidas no inverno

Metais Totais	EF Al	EF As	EF Cd	EF Pb	EF Cu	EF Cr	EF Fe	EF Mn	EF Hg	EF Ni	EF Zn
1BE	0,09	5,40	73,69	0,58	0,16	0,43	1,00	1,91	9,71	0,20	0,38
2BE	0,22	17,75	24,20	23,85	0,84	0,62	1,00	3,98	6,38	0,67	5,51
3BE	0,14	30,02	409,36	3,22	0,90	0,45	1,00	5,00	10,84	1,13	0,75
4BE	0,09	10,78	147,02	1,30	0,32	0,25	1,00	1,24	3,89	0,40	2,77
5BE	0,14	10,67	145,49	1,14	0,32	0,22	1,00	3,23	19,20	0,45	1,06
6BE	0,11	4,08	55,68	1,28	0,12	0,14	1,00	0,80	7,36	0,46	1,13
7BE	0,28	8,08	110,12	0,87	0,24	0,20	1,00	10,55	14,52	0,93	2,32
8BE	0,14	0,90	122,84	0,10	0,03	0,19	1,00	1,32	4,95	0,34	15,65
1BF	0,20	8,27	112,71	0,89	0,59	0,25	1,00	4,35	14,89	0,31	0,90
2BF	0,22	4,07	55,50	0,44	0,31	0,33	1,00	1,42	7,33	0,19	1,03
3BF	0,25	15,43	210,46	14,25	1,02	0,31	1,00	2,20	27,81	0,58	0,73
4BF	0,10	1,44	19,64	0,15	0,24	0,23	1,00	0,48	2,59	0,22	1,38
5BF	0,19	14,91	203,32	7,95	1,21	0,36	1,00	0,83	26,80	0,56	0,85
6BF	0,19	66,45	906,09	17,95	5,83	1,00	1,00	0,79	23,93	2,50	1,33
7BF	0,23	14,58	198,78	1,56	0,96	0,34	1,00	7,92	26,28	0,55	0,53
8BF	0,16	3,68	50,13	23,96	0,63	0,26	1,00	0,88	6,61	0,17	5,54
1BG	0,12	0,80	10,97	0,43	0,71	0,32	1,00	3,01	7,23	0,15	0,60
2BG	0,09	0,24	0,33	0,65	0,27	0,59	1,00	1,21	2,18	0,40	0,89
3BG	0,15	0,76	10,30	0,40	0,50	0,34	1,00	1,66	6,79	0,18	1,17
4BG	0,10	3,22	0,44	0,85	0,24	0,57	1,00	2,05	2,86	0,58	2,61
5BG	0,13	1,18	1,60	0,63	0,76	0,24	1,00	2,65	10,59	0,24	1,81
6BG	0,01	0,48	0,65	1,27	0,36	0,63	1,00	0,61	4,30	0,72	1,14
7BG	0,16	1,27	1,74	0,68	0,58	0,16	1,00	6,60	11,45	0,30	1,27
8BG	0,01	0,56	0,76	1,50	0,42	0,86	1,00	1,72	5,02	0,84	7,15
1BH	0,14	0,64	0,88	0,35	0,10	0,05	1,00	2,44	5,80	0,12	0,30
2BH	0,30	0,66	0,91	2,30	0,10	0,05	1,00	2,65	5,97	0,12	1,06
3BH	0,20	0,83	1,13	3,75	0,12	0,06	1,00	2,44	7,46	0,16	0,58
4BH	0,19	0,48	0,65	1,52	0,07	0,11	1,00	2,09	4,30	0,21	2,31
5BH	0,32	0,35	0,47	3,43	0,05	0,11	1,00	4,77	3,12	0,31	1,53
6BH	0,17	0,30	0,40	2,27	0,04	0,04	1,00	1,60	2,66	0,46	2,35
7BH	0,34	0,68	0,93	4,55	0,10	0,05	1,00	5,01	6,17	0,27	1,30
8BH	0,15	0,56	0,76	2,15	0,08	0,14	1,00	3,86	5,00	0,12	7,46

Quadro 97 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Ferro como o elemento referencial normalizador e a composição média dos sedimentos do planeta como os valores de referência. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera; o azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas recolhidas no outono e; rosa as que foram recolhidas no inverno

Sedimentos											
Metais Totais	EF Al	EF As	EF Cd	EF Pb	EF Cu	EF Cr	EF Fe	EF Mn	EF Hg	EF Ni	EF Zn
1BE	0,10	1,05	47,68	0,43	0,25	0,59	1,00	2,36	2,56	0,31	0,30
2BE	0,25	3,46	15,66	17,57	1,27	0,86	1,00	4,91	1,68	1,02	4,35
3BE	0,16	5,85	264,88	2,37	1,36	0,63	1,00	6,17	2,85	1,74	0,59
4BE	0,10	2,10	95,13	0,96	0,49	0,35	1,00	1,54	1,02	0,62	2,19
5BE	0,16	2,08	94,14	0,84	0,48	0,30	1,00	3,98	5,05	0,69	0,84
6BE	0,13	0,80	36,03	0,94	0,19	0,20	1,00	0,99	1,94	0,71	0,89
7BE	0,32	1,57	71,26	0,64	0,37	0,28	1,00	13,02	3,82	1,43	1,83
8BE	0,16	0,18	79,48	0,07	0,04	0,27	1,00	1,63	1,30	0,52	12,35
1BF	0,22	1,61	72,93	0,65	0,90	0,35	1,00	5,36	3,92	0,48	0,71
2BF	0,25	0,79	35,91	0,32	0,48	0,45	1,00	1,75	1,93	0,30	0,81
3BF	0,28	3,01	136,18	10,50	1,55	0,44	1,00	2,71	7,32	0,89	0,58
4BF	0,11	0,28	12,71	0,11	0,36	0,31	1,00	0,59	0,68	0,34	1,09
5BF	0,22	2,90	131,56	5,86	1,83	0,50	1,00	1,03	7,05	0,86	0,67
6BF	0,22	12,94	586,29	13,22	8,84	1,38	1,00	0,98	6,30	3,84	1,05
7BF	0,26	2,84	128,62	1,15	1,46	0,48	1,00	9,77	6,92	0,84	0,42
8BF	0,18	0,72	32,43	17,65	0,96	0,36	1,00	1,09	1,74	0,27	4,37
1BG	0,14	0,16	7,10	0,32	1,08	0,44	1,00	3,71	1,90	0,23	0,47
2BG	0,10	0,05	0,21	0,48	0,40	0,82	1,00	1,49	0,57	0,62	0,71
3BG	0,17	0,15	6,66	0,30	0,76	0,48	1,00	2,05	1,79	0,27	0,92
4BG	0,12	0,63	0,28	0,62	0,36	0,79	1,00	2,53	0,75	0,90	2,06
5BG	0,15	0,23	1,04	0,46	1,15	0,34	1,00	3,27	2,79	0,37	1,43
6BG	0,02	0,09	0,42	0,94	0,54	0,87	1,00	0,75	1,13	1,11	0,90
7BG	0,18	0,25	1,12	0,50	0,89	0,23	1,00	8,14	3,01	0,45	1,00
8BG	0,02	0,11	0,49	1,10	0,63	1,19	1,00	2,12	1,32	1,29	5,64
1BH	0,16	0,13	0,57	0,25	0,15	0,07	1,00	3,01	1,53	0,19	0,24
2BH	0,34	0,13	0,59	1,70	0,15	0,07	1,00	3,27	1,57	0,19	0,84
3BH	0,23	0,16	0,73	2,76	0,19	0,09	1,00	3,01	1,96	0,24	0,46
4BH	0,22	0,09	0,42	1,12	0,11	0,15	1,00	2,58	1,13	0,32	1,83
5BH	0,36	0,07	0,31	2,53	0,08	0,15	1,00	5,88	0,82	0,48	1,21
6BH	0,20	0,06	0,26	1,67	0,07	0,05	1,00	1,97	0,70	0,71	1,86
7BH	0,39	0,13	0,60	3,35	0,16	0,07	1,00	6,18	1,62	0,42	1,02
8BH	0,17	0,11	0,49	1,58	0,13	0,19	1,00	4,77	1,32	0,19	5,89

Quadro 98 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Ferro como o elemento referencial normalizador e a os valores Clarke da prospecção geoquímica. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera; o azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas recolhidas no outono e rosa as que foram recolhidas no inverno

Clarke											
Metais Totais	**EF Al**	**EF As**	**EF Cd**	**EF Pb**	**EF Cu**	**EF Cr**	**EF Fe**	**EF Mn**	**EF Hg**	**EF Ni**	**EF Zn**
1BE	0,14	6,81	76,61	1,11	0,18	0,53	1,00	2,59	9,18	0,25	0,57
2BE	0,32	22,36	25,16	45,89	0,93	0,77	1,00	5,39	6,03	0,81	8,22
3BE	0,21	37,83	425,58	6,19	1,00	0,56	1,00	6,78	10,25	1,38	1,11
4BE	0,13	13,59	152,85	2,50	0,36	0,32	1,00	1,69	3,67	0,49	4,14
5BE	0,21	13,45	151,26	2,20	0,36	0,27	1,00	4,37	18,15	0,55	1,59
6BE	0,17	5,15	57,88	2,46	0,14	0,17	1,00	1,09	6,95	0,56	1,68
7BE	0,42	10,18	114,49	1,67	0,27	0,25	1,00	14,30	13,72	1,13	3,46
8BE	0,21	1,14	127,71	0,19	0,03	0,24	1,00	1,79	4,68	0,41	23,35
1BF	0,29	10,42	117,18	1,70	0,66	0,32	1,00	5,89	14,07	0,38	1,34
2BF	0,33	5,13	57,70	0,84	0,35	0,40	1,00	1,92	6,93	0,24	1,53
3BF	0,37	19,45	218,80	27,43	1,14	0,39	1,00	2,98	26,29	0,71	1,09
4BF	0,15	1,81	20,42	0,30	0,26	0,28	1,00	0,65	2,45	0,27	2,05
5BF	0,28	18,79	211,38	15,30	1,35	0,45	1,00	1,13	25,32	0,68	1,27
6BF	0,29	83,73	942,00	34,54	6,48	1,24	1,00	1,08	22,62	3,05	1,98
7BF	0,34	18,37	206,66	3,01	1,07	0,43	1,00	10,73	24,84	0,67	0,79
8BF	0,23	4,63	52,11	46,11	0,70	0,32	1,00	1,20	6,25	0,21	8,27
1BG	0,18	1,01	11,41	0,83	0,79	0,39	1,00	4,07	6,84	0,18	0,90
2BG	0,13	0,30	0,34	1,25	0,30	0,73	1,00	1,64	2,06	0,49	1,33
3BG	0,22	0,95	10,70	0,78	0,56	0,43	1,00	2,25	6,41	0,21	1,74
4BG	0,15	4,05	0,46	1,63	0,26	0,71	1,00	2,78	2,70	0,71	3,89
5BG	0,19	1,48	1,67	1,21	0,85	0,30	1,00	3,60	10,01	0,30	2,70
6BG	0,02	0,60	0,68	2,45	0,40	0,78	1,00	0,83	4,06	0,88	1,69
7BG	0,24	1,60	1,81	1,31	0,65	0,20	1,00	8,94	10,83	0,36	1,90
8BG	0,02	0,70	0,79	2,88	0,47	1,07	1,00	2,33	4,75	1,02	10,66
1BH	0,21	0,81	0,91	0,66	0,11	0,06	1,00	3,31	5,48	0,15	0,45
2BH	0,44	0,84	0,94	4,44	0,11	0,06	1,00	3,59	5,64	0,15	1,59
3BH	0,30	1,04	1,17	7,22	0,14	0,08	1,00	3,31	7,05	0,19	0,87
4BH	0,29	0,60	0,67	2,92	0,08	0,13	1,00	2,83	4,06	0,25	3,45
5BH	0,47	0,44	0,49	6,61	0,06	0,13	1,00	6,46	2,95	0,38	2,29
6BH	0,26	0,37	0,42	4,37	0,05	0,04	1,00	2,17	2,51	0,57	3,51
7BH	0,50	0,86	0,97	8,75	0,11	0,06	1,00	6,79	5,83	0,33	1,94
8BH	0,22	0,70	0,79	4,14	0,09	0,17	1,00	5,24	4,72	0,15	11,14

Quadro 99 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Ferro como o elemento referencial normalizador e a composição média dos folhelhos. A cor verde significa as amostras *recolhidas na primavera; o azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas* recolhidas no outono e; rosa as que foram recolhidas no inverno

Folhelhos											
Metais Totais	**EF Al**	**EF As**	**EF Cd**	**EF Pb**	**EF Cu**	**EF Cr**	**EF Fe**	**EF Mn**	**EF Hg**	**EF Ni**	**EF Zn**
1BE	0,10	0,73	43,13	0,41	0,24	0,56	1,00	2,50	3,16	0,28	0,28
2BE	0,24	2,40	14,17	16,99	1,25	0,81	1,00	5,21	2,08	0,92	4,03
3BE	0,16	4,06	239,62	2,29	1,35	0,59	1,00	6,54	3,53	1,56	0,55
4BE	0,10	1,46	86,06	0,93	0,49	0,33	1,00	1,63	1,26	0,56	2,03
5BE	0,15	1,44	85,17	0,81	0,48	0,28	1,00	4,22	6,25	0,62	0,78
6BE	0,12	0,55	32,59	0,91	0,18	0,18	1,00	1,05	2,39	0,64	0,83
7BE	0,31	1,09	64,46	0,62	0,36	0,26	1,00	13,81	4,72	1,28	1,70
8BE	0,16	0,12	71,91	0,07	0,04	0,25	1,00	1,73	1,61	0,47	11,45
1BF	0,21	1,12	65,98	0,63	0,89	0,33	1,00	5,69	4,84	0,43	0,66
2BF	0,24	0,55	32,49	0,31	0,47	0,42	1,00	1,86	2,38	0,27	0,75
3BF	0,27	2,08	123,19	10,16	1,54	0,41	1,00	2,88	9,04	0,80	0,53
4BF	0,11	0,19	11,49	0,11	0,35	0,29	1,00	0,63	0,84	0,30	1,01
5BF	0,21	2,01	119,02	5,66	1,82	0,47	1,00	1,09	8,71	0,77	0,62
6BF	0,21	8,98	530,39	12,79	8,75	1,30	1,00	1,04	7,78	3,44	0,97
7BF	0,25	1,97	116,36	1,11	1,45	0,45	1,00	10,36	8,55	0,75	0,39
8BF	0,17	0,50	29,34	17,07	0,95	0,34	1,00	1,15	2,15	0,24	4,05
1BG	0,13	0,11	6,42	0,31	1,07	0,41	1,00	3,93	2,35	0,21	0,44
2BG	0,10	0,03	0,19	0,46	0,40	0,77	1,00	1,58	0,71	0,55	0,65
3BG	0,16	0,10	6,03	0,29	0,75	0,45	1,00	2,17	2,21	0,24	0,85
4BG	0,11	0,43	0,26	0,60	0,36	0,74	1,00	2,68	0,93	0,81	1,91
5BG	0,14	0,16	0,94	0,45	1,14	0,32	1,00	3,47	3,44	0,34	1,32
6BG	0,02	0,06	0,38	0,91	0,54	0,82	1,00	0,80	1,40	0,99	0,83
7BG	0,18	0,17	1,02	0,49	0,88	0,21	1,00	8,63	3,73	0,41	0,93
8BG	0,01	0,08	0,44	1,07	0,63	1,12	1,00	2,25	1,63	1,15	5,23
1BH	0,15	0,09	0,51	0,25	0,15	0,06	1,00	3,20	1,89	0,17	0,22
2BH	0,32	0,09	0,53	1,64	0,15	0,06	1,00	3,47	1,94	0,17	0,78
3BH	0,22	0,11	0,66	2,67	0,19	0,08	1,00	3,19	2,43	0,21	0,43
4BH	0,21	0,06	0,38	1,08	0,11	0,14	1,00	2,74	1,40	0,28	1,69
5BH	0,35	0,05	0,28	2,45	0,08	0,14	1,00	6,24	1,02	0,43	1,12
6BH	0,19	0,04	0,24	1,62	0,07	0,05	1,00	2,09	0,87	0,64	1,72
7BH	0,37	0,09	0,55	3,24	0,15	0,07	1,00	6,56	2,01	0,37	0,95
8BH	0,17	0,08	0,44	1,53	0,13	0,18	1,00	5,06	1,63	0,17	5,46

Quadro 100 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Alumínio como o elemento referencial normalizador, e a composição média da crosta terrestre como os valores de referência. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera; o azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas recolhidas no outono e; rosa as que foram recolhidas no inverno

Crosta											
Metais Totais	EF Al	EF As	EF Cd	EF Pb	EF Cu	EF Cr	EF Fe	EF Mn	EF Hg	EF Ni	EF Zn
1BE	1,00	58,93	803,64	6,31	1,77	5,69	10,91	20,83	105,95	2,21	4,20
2BE	1,00	81,75	111,47	109,84	3,85	3,49	4,61	18,33	29,39	3,07	25,37
3BE	1,00	207,82	2833,88	22,27	6,23	3,80	6,92	34,63	75,05	7,82	5,16
4BE	1,00	118,46	1615,38	14,28	3,55	3,42	10,99	13,68	42,70	4,44	30,49
5BE	1,00	76,45	1042,52	8,19	2,29	1,89	7,17	23,13	137,61	3,21	7,62
6BE	1,00	36,59	498,99	11,45	1,10	1,54	8,96	7,20	65,93	4,14	10,11
7BE	1,00	28,58	389,68	3,06	0,86	0,87	3,54	37,34	51,38	3,28	8,20
8BE	1,00	6,34	864,04	0,68	0,19	1,64	7,03	9,30	34,81	2,38	110,04
1BF	1,00	41,96	572,24	4,50	3,02	1,58	5,08	22,07	75,57	1,58	4,57
2BF	1,00	18,54	252,85	1,99	1,43	1,81	4,56	6,46	33,39	0,89	4,67
3BF	1,00	62,53	852,72	57,75	4,15	1,56	4,05	8,91	112,68	2,34	2,95
4BF	1,00	14,41	196,44	1,54	2,36	2,75	10,00	4,80	25,95	2,19	13,77
5BF	1,00	78,03	1064,05	41,60	6,33	2,30	5,23	4,35	140,23	2,92	4,45
6BF	1,00	345,74	4714,69	93,39	30,34	6,32	5,20	4,14	124,53	12,99	6,91
7BF	1,00	64,38	877,94	6,90	4,26	1,85	4,42	34,97	116,08	2,42	2,34
8BF	1,00	23,53	320,85	153,36	4,04	2,03	6,40	5,65	42,33	1,11	35,47
1BG	1,00	6,60	90,03	3,54	5,85	3,18	8,21	24,67	59,36	1,24	4,93
2BG	1,00	2,66	3,63	7,12	2,93	7,92	11,00	13,31	23,96	4,42	9,83
3BG	1,00	5,17	70,52	2,77	3,44	2,87	6,85	11,36	46,49	1,20	7,99
4BG	1,00	31,22	4,26	8,23	2,30	6,77	9,71	19,89	27,72	5,68	25,33
5BG	1,00	9,10	12,41	4,87	5,89	2,30	7,74	20,53	81,93	1,88	13,99
6BG	1,00	32,36	44,13	86,43	24,20	51,95	67,80	41,40	291,54	48,91	76,99
7BG	1,00	7,89	10,76	4,22	3,62	1,23	6,20	40,89	70,98	1,83	7,88
8BG	1,00	41,67	56,82	111,77	31,29	78,39	74,75	128,52	375,53	62,48	534,21
1BH	1,00	4,63	6,31	2,48	0,69	0,42	7,19	17,56	41,71	0,87	2,16
2BH	1,00	2,23	3,04	7,74	0,33	0,20	3,36	8,90	20,04	0,42	3,58
3BH	1,00	4,15	5,66	18,79	0,62	0,38	5,01	12,23	37,40	0,78	2,93
4BH	1,00	2,45	3,34	7,80	0,37	0,66	5,14	10,75	22,09	1,06	11,89
5BH	1,00	1,09	1,49	10,83	0,16	0,41	3,15	15,03	9,85	0,98	4,83
6BH	1,00	1,69	2,31	13,00	0,25	0,25	5,72	9,15	15,22	2,65	13,45
7BH	1,00	2,02	2,76	13,43	0,30	0,18	2,95	14,79	18,21	0,80	3,83
8BH	1,00	3,68	5,01	14,19	0,55	1,09	6,60	25,52	33,00	0,81	49,28

Quadro 101 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Alumínio como o elemento referencial normalizador e a composição média dos sedimentos do planeta como os valores de referência. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera; o azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas recolhidas no outono e; rosa as que foram recolhidas no inverno

Sedimentos											
Metais Totais	**EF Al**	**EF AS**	**EF Cd**	**EF Pb**	**EF Cu**	**EF Cr**	**EF Fe**	**EF Mn**	**EF Hg**	**EF Ni**	**EF Zn**
1BE	1,00	10,08	456,58	4,09	2,35	5,69	9,58	22,57	24,48	2,99	2,91
2BE	1,00	13,98	63,33	71,06	5,12	3,49	4,04	19,86	6,79	4,14	17,59
3BE	1,00	35,55	1610,07	14,41	8,29	3,80	6,08	37,51	17,34	10,56	3,58
4BE	1,00	20,26	917,78	9,24	4,73	3,42	9,65	14,82	9,87	6,00	21,13
5BE	1,00	13,08	592,31	5,30	3,05	1,89	6,29	25,05	31,80	4,34	5,28
6BE	1,00	6,26	283,50	7,41	1,46	1,54	7,87	7,80	15,23	5,59	7,01
7BE	1,00	4,89	221,39	1,98	1,14	0,87	3,11	40,45	11,87	4,43	5,68
8BE	1,00	1,08	490,90	0,44	0,25	1,64	6,18	10,08	8,04	3,21	76,28
1BF	1,00	7,18	325,12	2,91	4,01	1,58	4,46	23,91	17,46	2,13	3,17
2BF	1,00	3,17	143,66	1,29	1,90	1,81	4,00	7,00	7,72	1,20	3,24
3BF	1,00	10,70	484,47	37,36	5,52	1,56	3,56	9,65	26,04	3,16	2,05
4BF	1,00	2,46	111,61	1,00	3,13	2,75	8,78	5,20	6,00	2,96	9,55
5BF	1,00	13,35	604,54	26,91	8,43	2,30	4,60	4,72	32,40	3,95	3,08
6BF	1,00	59,14	2678,65	60,42	40,37	6,32	4,57	4,48	28,78	17,54	4,79
7BF	1,00	11,01	498,80	4,46	5,67	1,85	3,88	37,88	26,82	3,27	1,62
8BF	1,00	4,02	182,29	99,22	5,38	2,03	5,62	6,12	9,78	1,50	24,59
1BG	1,00	1,13	51,15	2,29	7,78	3,18	7,20	26,73	13,72	1,67	3,42
2BG	1,00	0,45	2,06	4,61	3,90	7,92	9,66	14,42	5,54	5,97	6,82
3BG	1,00	0,88	40,07	1,79	4,58	2,87	6,01	12,31	10,74	1,62	5,54
4BG	1,00	5,34	2,42	5,32	3,07	6,77	8,52	21,54	6,41	7,67	17,56
5BG	1,00	1,56	7,05	3,15	7,84	2,30	6,79	22,24	18,93	2,55	9,70
6BG	1,00	5,54	25,07	55,92	32,20	51,95	59,53	44,85	67,37	66,08	53,37
7BG	1,00	1,35	6,11	2,73	4,82	1,23	5,44	44,29	16,40	2,47	5,46
8BG	1,00	7,13	32,28	72,31	41,63	78,39	65,63	139,22	86,77	84,41	370,31
1BH	1,00	0,79	3,59	1,60	0,92	0,42	6,31	19,03	9,64	1,17	1,50
2BH	1,00	0,38	1,73	5,01	0,45	0,20	2,95	9,64	4,63	0,56	2,48
3BH	1,00	0,71	3,22	12,16	0,83	0,38	4,40	13,25	8,64	1,05	2,03
4BH	1,00	0,42	1,90	5,04	0,49	0,66	4,51	11,64	5,10	1,43	8,24
5BH	1,00	0,19	0,85	7,00	0,22	0,41	2,77	16,28	2,27	1,32	3,35
6BH	1,00	0,29	1,31	8,41	0,34	0,25	5,02	9,91	3,52	3,58	9,32
7BH	1,00	0,35	1,57	8,69	0,40	0,18	2,59	16,03	4,21	1,08	2,65
8BH	1,00	0,63	2,85	9,18	0,73	1,09	5,80	27,65	7,63	1,10	34,16

Quadro 102 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Alumínio como o elemento referencial normalizador e a os valores Clarke da prospecção geoquímica. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera; o azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas recolhidas no outono e; rosa as que foram recolhidas no inverno

Clarke											
Metais Totais	EF Al	EF As	EF Cd	EF Pb	EF Cu	EF Cr	EF Fe	EF Mn	EF Hg	EF Ni	EF Zn
1BE	1,00	50,07	563,28	8,19	1,33	3,90	7,35	19,03	67,51	1,82	4,22
2BE	1,00	69,45	78,13	142,52	2,89	2,39	3,11	16,75	18,73	2,53	25,53
3BE	1,00	176,56	1986,31	28,89	4,67	2,60	4,67	31,64	47,82	6,44	5,19
4BE	1,00	100,64	1132,25	18,53	2,66	2,34	7,41	12,50	27,21	3,66	30,67
5BE	1,00	64,95	730,72	10,63	1,72	1,30	4,83	21,13	87,69	2,64	7,67
6BE	1,00	31,09	349,75	14,86	0,82	1,05	6,04	6,58	42,01	3,41	10,17
7BE	1,00	24,28	273,13	3,97	0,64	0,60	2,39	34,11	32,74	2,70	8,25
8BE	1,00	5,38	605,62	0,88	0,14	1,12	4,74	8,50	22,18	1,96	110,72
1BF	1,00	35,65	401,09	5,83	2,26	1,08	3,42	20,17	48,16	1,30	4,60
2BF	1,00	15,75	177,23	2,58	1,07	1,24	3,07	5,90	21,28	0,73	4,70
3BF	1,00	53,13	597,68	74,93	3,11	1,07	2,73	8,14	71,80	1,93	2,97
4BF	1,00	12,24	137,69	2,00	1,77	1,88	6,74	4,39	16,53	1,81	13,86
5BF	1,00	66,29	745,81	53,98	4,75	1,58	3,53	3,98	89,35	2,41	4,48
6BF	1,00	293,74	3304,59	121,18	22,75	4,33	3,51	3,78	79,35	10,70	6,96
7BF	1,00	54,70	615,36	8,95	3,19	1,27	2,98	31,95	73,97	1,99	2,36
8BF	1,00	19,99	224,89	198,99	3,03	1,39	4,32	5,16	26,97	0,91	35,68
1BG	1,00	5,61	63,11	4,59	4,38	2,18	5,53	22,54	37,83	1,02	4,96
2BG	1,00	2,26	2,54	9,24	2,20	5,42	7,41	12,17	15,27	3,64	9,89
3BG	1,00	4,39	49,43	3,59	2,58	1,97	4,62	10,38	29,62	0,99	8,04
4BG	1,00	26,52	2,98	10,68	1,73	4,64	6,55	18,17	17,66	4,68	25,48
5BG	1,00	7,73	8,70	6,31	4,42	1,58	5,22	18,76	52,20	1,55	14,08
6BG	1,00	27,49	30,93	112,15	18,14	35,60	45,71	37,83	185,77	40,30	77,46
7BG	1,00	6,70	7,54	5,48	2,71	0,84	4,18	37,36	45,23	1,51	7,93
8BG	1,00	35,40	39,83	145,02	23,46	53,72	50,40	117,43	239,29	51,48	537,46
1BH	1,00	3,93	4,43	3,22	0,52	0,29	4,85	16,05	26,58	0,72	2,18
2BH	1,00	1,89	2,13	10,04	0,25	0,14	2,26	8,13	12,77	0,34	3,60
3BH	1,00	3,53	3,97	24,38	0,47	0,26	3,38	11,18	23,83	0,64	2,95
4BH	1,00	2,08	2,34	10,12	0,28	0,45	3,47	9,82	14,07	0,87	11,96
5BH	1,00	0,93	1,04	14,05	0,12	0,28	2,13	13,73	6,27	0,81	4,86
6BH	1,00	1,44	1,62	16,86	0,19	0,17	3,86	8,36	9,70	2,18	13,53
7BH	1,00	1,72	1,93	17,43	0,23	0,13	1,99	13,52	11,61	0,66	3,85
8BH	1,00	3,12	3,51	18,42	0,41	0,75	4,45	23,32	21,03	0,67	49,58

Quadro 103 - Valores do Fator de enriquecimento (EF), considerando o Alumínio como o elemento referencial normalizador e a composição média dos folhelhos. A cor verde significa as amostras recolhidas na primavera; o azul, aquelas recolhidas no verão; o amarelo aquelas recolhidas no outono e; rosa as que foram recolhidas no inverno

Folhelhos											
Metais Totais	EF Al	EF As	EF Cd	EF Pb	EF Cu	EF Cr	EF Fe	EF Mn	EF Hg	EF Ni	EF Zn
1BE	1	7,30	431,22	4,12	2,43	5,57	10,00	24,98	31,58	2,79	2,82
2BE	1	10,12	59,82	71,75	5,30	3,41	4,22	21,99	8,76	3,87	17,02
3BE	1	25,73	1520,62	14,55	8,58	3,72	6,35	41,53	22,37	9,87	3,46
4BE	1	14,67	866,79	9,33	4,89	3,34	10,07	16,41	12,73	5,61	20,45
5BE	1	9,47	559,40	5,35	3,16	1,85	6,57	27,74	41,02	4,05	5,11
6BE	1	4,53	267,75	7,48	1,51	1,50	8,22	8,64	19,65	5,23	6,78
7BE	1	3,54	209,09	2,00	1,18	0,85	3,24	44,78	15,32	4,14	5,50
8BE	1	0,78	463,63	0,44	0,26	1,60	6,45	11,16	10,38	3,00	73,81
1BF	1	5,20	307,05	2,94	4,15	1,54	4,65	26,47	22,53	1,99	3,06
2BF	1	2,30	135,67	1,30	1,97	1,77	4,18	7,75	9,95	1,12	3,13
3BF	1	7,74	457,56	37,72	5,71	1,52	3,71	10,69	33,59	2,96	1,98
4BF	1	1,78	105,41	1,01	3,24	2,69	9,17	5,76	7,74	2,77	9,24
5BF	1	9,66	570,96	27,17	8,71	2,25	4,80	5,22	41,80	3,69	2,98
6BF	1	42,81	2529,83	61,01	41,75	6,18	4,77	4,96	37,12	16,40	4,64
7BF	1	7,97	471,09	4,51	5,86	1,81	4,05	41,94	34,60	3,05	1,57
8BF	1	2,91	172,16	100,18	5,56	1,99	5,87	6,77	12,62	1,40	23,79
1BG	1	0,82	48,31	2,31	8,04	3,11	7,52	29,59	17,70	1,56	3,31
2BG	1	0,33	1,95	4,65	4,03	7,74	10,08	15,97	7,14	5,58	6,60
3BG	1	0,64	37,84	1,81	4,74	2,81	6,28	13,63	13,86	1,52	5,36
4BG	1	3,87	2,28	5,38	3,17	6,62	8,90	23,85	8,26	7,17	16,99
5BG	1	1,13	6,66	3,18	8,11	2,25	7,09	24,62	24,42	2,38	9,38
6BG	1	4,01	23,68	56,46	33,30	50,80	62,15	49,66	86,91	61,76	51,64
7BG	1	0,98	5,77	2,76	4,98	1,20	5,68	49,04	21,16	2,31	5,28
8BG	1	5,16	30,49	73,01	43,06	76,65	68,52	154,15	111,95	78,89	358,31
1BH	1	0,57	3,39	1,62	0,96	0,41	6,59	21,06	12,43	1,10	1,45
2BH	1	0,28	1,63	5,06	0,46	0,20	3,08	10,67	5,98	0,53	2,40
3BH	1	0,51	3,04	12,28	0,86	0,37	4,59	14,67	11,15	0,98	1,96
4BH	1	0,30	1,79	5,09	0,51	0,64	4,71	12,89	6,58	1,34	7,97
5BH	1	0,14	0,80	7,07	0,23	0,40	2,89	18,03	2,93	1,24	3,24
6BH	1	0,21	1,24	8,49	0,35	0,25	5,24	10,97	4,54	3,35	9,02
7BH	1	0,25	1,48	8,77	0,42	0,18	2,71	17,74	5,43	1,01	2,57
8BH	1	0,46	2,69	9,27	0,76	1,06	6,05	30,61	9,84	1,03	33,06

2.5.26. Índice de carga potencial (pli)

O índice de carga de poluição (ICP ou PLI-pollution load index), (TOMILSON, 1980) foi utilizado para determinar a contaminação total em cada ponto de amostragem. PLI é a média geométrica do fator de concentração (CF) de diferentes metais presentes na área de estudo expressa na equação:

$$PLI = \sqrt[n]{[FC]1 \times [FC]2 \times [FC]3 \ldots\ldots \times [FC]n}$$

ou

$$\mathbf{PLI = (CF1*CF2*CF3*CFn)^{1/n}}$$

Quadro 104 - Cálculo do Índice de Carga potencial (PLI) para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, área de influência da Usina termelétrica Presidente Médici, Candiota, RS

Campanhas	*Cálculo usando CF Ref Crosta*	*Cálculo usando CF RefSedimentos*	*Cálculo usando CF Ref Clarke Geoquimico*	*Cálculo usando CF Ref Folhelho Médio*	*Cálculo usando CF Ref TEC*	*Cálculo usando CF Ref LEL*	*Cálculo usando CF Ref ERL*	*Cálculo usando CF Ref TEL*
Estações Amostrais	*PLI*	*PLI*	*PLI*	*PLI*	*PLI*	*PLI*	*PLI*	*PLI*
1BE	0,022	0,018	0,018	0,015	0,034	0,035	0,024	0,031
2BE	0,234	0,195	0,189	0,156	0,287	0,284	0,233	0,309
3BE	0,073	0,061	0,059	0,049	0,102	0,092	0,081	0,107
4BE	0,096	0,080	0,078	0,064	0,133	0,127	0,107	0,142
5BE	0,021	0,018	0,017	0,014	0,033	0,033	0,024	0,032
6BE	0,037	0,031	0,030	0,025	0,055	0,059	0,042	0,056
7BE	0,035	0,029	0,028	0,024	0,052	0,057	0,034	0,045
8BE	0,070	0,058	0,057	0,047	0,106	0,136	0,072	0,096
1BF	0,030	0,055	0,053	0,044	0,085	0,090	0,060	0,079
2BF	0,043	0,076	0,073	0,061	0,110	0,127	0,079	0,105
3BF	0,027	0,044	0,043	0,035	0,071	0,072	0,062	0,082
4BF	0,054	0,094	0,091	0,075	0,134	0,158	0,096	0,127
5BF	0,028	0,042	0,041	0,034	0,067	0,067	0,064	0,085
6BF	0,077	0,115	0,111	0,092	0,170	0,145	0,199	0,264
7BF	0,022	0,040	0,039	0,032	0,064	0,065	0,046	0,061
8BF	0,080	0,136	0,132	0,109	0,200	0,225	0,174	0,231
1BG	0,013	0,024	0,023	0,019	0,035	0,044	0,020	0,027
2BG	0,028	0,053	0,052	0,043	0,076	0,106	0,046	0,061
3BG	0,011	0,020	0,020	0,016	0,030	0,039	0,019	0,025
4BG	0,026	0,052	0,050	0,042	0,081	0,089	0,052	0,069
5BG	0,010	0,018	0,018	0,015	0,028	0,035	0,018	0,024
6BG	0,020	0,034	0,033	0,028	0,061	0,067	0,044	0,058
7BG	0,010	0,020	0,019	0,016	0,030	0,038	0,017	0,023
8BG	0,025	0,046	0,045	0,037	0,085	0,091	0,059	0,078
1BH	0,000	0,015	0,014	0,012	0,023	0,031	0,012	0,016
2BH	0,010	0,020	0,019	0,016	0,031	0,044	0,017	0,023
3BH	0,008	0,016	0,015	0,013	0,026	0,034	0,015	0,019
4BH	0,013	0,025	0,024	0,020	0,040	0,056	0,023	0,030
5BH	0,022	0,047	0,045	0,038	0,071	0,109	0,037	0,049
6BH	0,022	0,043	0,041	0,034	0,067	0,098	0,038	0,050
7BH	0,013	0,026	0,026	0,021	0,041	0,059	0,022	0,030
8BH	0,015	0,030	0,029	0,024	0,050	0,067	0,028	0,037

GRAU DE CONTAMINAÇÃO (Cdeg) E GRAU DE CONTAMINAÇÃO MODIFICADO (mCdeg)

Muitos são os produtos químicos que circulam no meio tanto provenientes de fontes naturais como de fontes antropogênicas, de fontes pontuais como de fontes difusas.

A liberação destes produtos das fontes antropogênicas permanece aumentando consequência da rápida industrialização, das demandas por produção de alimentos e urbanização e a consequente demandas por energia, em muitas regiões do planeta.

Atualmente existem mais de 70 milhões de produtos químicos comercialmente disponíveis em todo o mundo vide “CAS Online Chemical Catalog File”

Muitos destes produtos químicos acabam chegando aos corpos hídricos e em outros sistemas ambientais, e em Candiota não é diferente, estes elementos estão não somente como elementos individuais, mas também como um mix de elementos.

Passam a serem onipresentes no meio, e a exposição humana a estes metais em especial torna-se inevitável, independentemente dos cuidados e da segurança existente nos seus usos e descartes, em processos industriais ou na produção de alimentos, (De Casarett e Doull, 2012).

Diferentemente de outras substâncias tóxicas, os metais não são produzidos nem destruídos pelo homem. Muito embora, a utilização pelos seres humanos influencia o potencial tóxico para gerar efeitos adversos sobre a saúde, ao menos de duas formas:

- Através do transporte ambiental para o ar, água, solo e alimentos, através de contribuições antropogênicas;

- Através da alteração da forma química ou especiação de um elemento (Goyer e Clarkson, 1996; De Casarett e Doull, 2012).

Entre esses contaminantes / poluentes, os metais têm sido motivo de grande preocupação devido à sua toxicidade, abundância, persistência e subsequente acumulação em habitats aquáticos (Kaushik et al., 2009; Lin et al., 2003; Singh et al., 2005; Yuen et al., 2005; Yuen et al., 2003; Singh et al., 2005; Yuen et al., 2005; al., 2012).

A indestrutibilidade adicionada à bioacumulação dos metais contribui para o aumento da preocupação relacionada aos efeitos tóxicos provocados por esses xenobióticos (De Casarett e Doull, 2012).

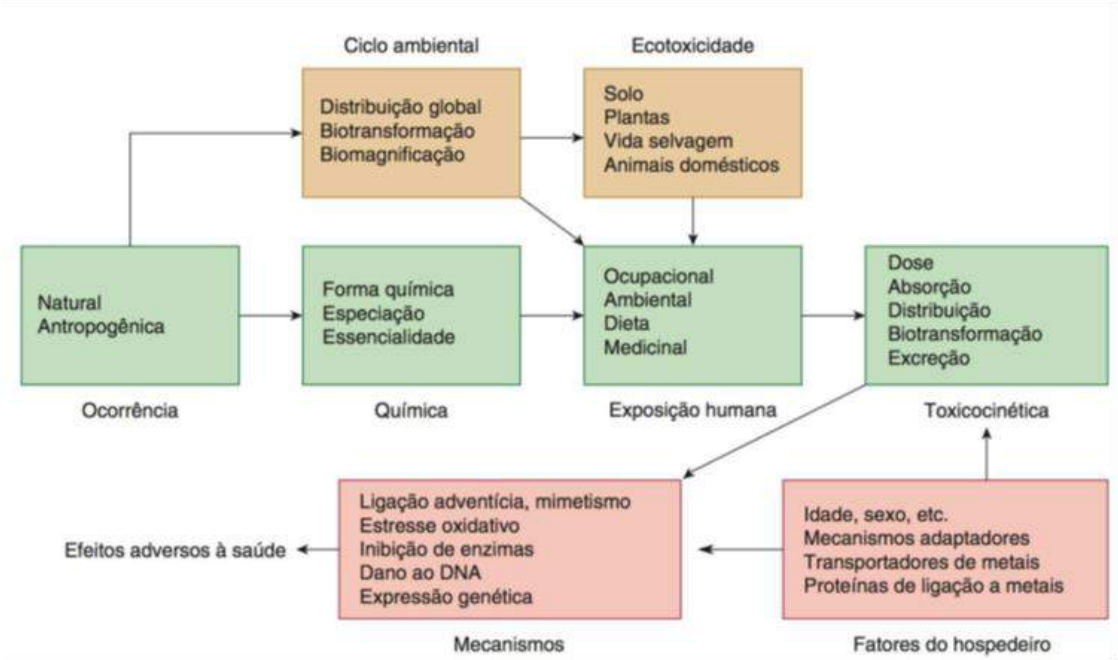
Os sedimentos, acumulam contaminantes metálicos advindo de diversas fontes e suas concentrações apresentam-se variadas e muito mais elevadas do que aquelas apresentadas nas colunas de água sobrejacentes.

Os principais contribuintes destes metais incluem a erosão das rochas e dos solos e múltiplas atividades antropogênicas que resultam na descarga de resíduos industriais e urbanos em corpos de hídricos.

Considerando que os sistemas hídricos, são os componentes básicos do nosso meio, e tem como função o fornecimento de alimentos e abrigos para a flora e a fauna, e também funcionam como adsorventes para uma grande variedade destes elementos potencialmente contaminantes / poluentes.

A exposição ambiental a metais ocorre a partir de diversas fontes, sendo a água e os alimentos as fontes mais comuns de exposição (Bárány et al., 2002a; Dongarrà et al., 2011). A toxicologia dos metais está brevemente resumida Figura 63 Figura 63.

Figura 63 -Visão geral da toxicologia dos metais, modificado de Casarett e Doull, 2012



Esses contaminantes adsorvidos podem ser posteriormente liberados na coluna de água com mudanças nas condições ambientais e podem representar uma ameaça à biota (Junhong et al., 2011).

Embora a determinação, a distribuição espacial e o enriquecimento de metais em sistemas hídricos tenham sido extensivamente discutidos (Abraham & Parker, 2008; Fatma et al., 2009; Swarnalatha et al., 2013a, Swarnalatha et al., 2013b), muito poucos pesquisadores (Krupadam et al., 2006) concentram-se no propósito da avaliação de riscos.

Um estudo da distribuição e enriquecimento de metais pode não revelar a carga real causada por esses poluentes e os sedimentos têm sido, e continuarão a ser, uma questão importante de grande preocupação e significado (Krishna et al.,2009; Siyue & Quanfa, 2010)

Assim, o objetivo principal do presente estudo, na Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, foi examinar a contribuição de risco de cada metal avaliado usando parâmetros como grau de contaminação, unidades de toxicidade e índices de risco ecológico.

GRAU DE CONTAMINAÇÃO

A soma dos fatores de contaminação para todos os elementos de um determinado local de amostragem representa o grau de contaminação (Cdeg; HAKANSON, (1980). Este é calculado pela equação:

$$\text{Cdeg} = \sum_{i=1}^{n} CF$$

Quadro 105 - Grau de contaminação calculado a partir dos estudos realizados por Hakanson (1980), modificando os valores de referência, utilizando os valores médios da Crosta terrestre, os valores dos sedimentos, referência pré-industriais, os valores do Clarke da prospecção geoquímica, e valores dos Folhelhos médio. Quando os fatores de contaminação, que é a unidade de cálculo, se calculam trocando os referenciais

Grau de Contam	Crosta Cdeg	Sedimentos Cdeg	Clarke Cdeg	Folhelhos Cdeg
1BE	3,08	1,87	2,16	1,47
2BE	8,69	5,32	7,90	4,28
3BE	16,14	10,03	11,34	7,78
4BE	15,06	9,39	10,64	7,29
5BE	3,49	2,09	2,44	1,65
6BE	3,98	2,42	2,82	1,91
7BE	3,96	2,54	2,83	2,03
8BE	19,42	12,78	14,00	9,99
1BF	7,26	4,57	5,26	3,62
2BF	7,59	4,74	5,44	3,75
3BF	7,06	4,27	5,14	3,37
4BF	6,10	3,97	4,43	3,15
5BF	7,14	4,26	5,09	3,35
6BF	31,82	19,72	22,51	15,27
7BF	6,65	4,18	4,81	3,31
8BF	10,64	7,02	9,25	5,62
1BG	0,69	0,56	0,63	0,50
2BG	1,09	1,06	1,04	0,91
3BG	0,60	0,42	0,51	0,37
4BG	1,29	1,04	1,26	0,87
5BG	0,61	0,41	0,52	0,37
6BG	1,01	0,74	0,85	0,63
7BG	0,65	0,59	0,67	0,53
8BG	1,60	1,32	1,50	1,10
1BH	0,62	0,49	0,58	0,44
2BH	0,77	0,61	0,77	0,54
3BH	0,71	0,50	0,68	0,44
4BH	0,87	0,72	0,87	0,63
5BH	1,48	1,78	1,95	1,55
6BH	1,60	1,41	1,67	1,20
7BH	1,00	0,97	1,17	0,85
8BH	1,37	1,24	1,47	1,06

GRAU DE CONTAMINAÇÃO MODIFICADO

O grau modificado de contaminação (ABRAHIM e PARKER, 2008) é a soma de todos os fatores de contaminação para um determinado conjunto de poluentes dividido pelo número de poluentes analisados.

Foi, portanto, uma modificação da equação proposta por Hakanson (1980) e foi calculada por meio da utilização da equação:

$$\text{mCdeg} = \sum_{n=1}^{i=n} \frac{CF}{n}$$

Quadro 106 - Grau de contaminação modificado calculado para os sedimentos recolhidos na primavera de 2022, verão de 2023, outono de 2023 e inverno de 2023

Grau de Contam.Modif	Crosta mCdeg	Sedimento mCdeg	Clarke mCdeg	Folhelhos mCdeg
1BE	0,28	0,17	0,20	0,13
2BE	0,79	0,48	0,72	0,39
3BE	1,47	0,91	1,03	0,71
4BE	1,37	0,85	0,97	0,66
5BE	0,32	0,19	0,22	0,15
6BE	0,36	0,22	0,26	0,17
7BE	0,36	0,23	0,26	0,18
8BE	1,77	1,16	1,27	0,91
1BF	0,66	0,42	0,48	0,33
2BF	0,69	0,43	0,49	0,34
3BF	0,64	0,39	0,47	0,31
4BF	0,55	0,36	0,40	0,29
5BF	0,65	0,39	0,46	0,30
6BF	2,89	1,79	2,05	1,39
7BF	0,60	0,38	0,44	0,30
8BF	0,97	0,64	0,84	0,51
1BG	0,06	0,05	0,06	0,05
2BG	0,10	0,10	0,09	0,08
3BG	0,05	0,04	0,05	0,03
4BG	0,12	0,09	0,11	0,08
5BG	0,06	0,04	0,05	0,03
6BG	0,09	0,07	0,08	0,06
7BG	0,06	0,05	0,06	0,05
8BG	0,15	0,12	0,14	0,10
1BH	0,06	0,04	0,05	0,04
2BH	0,07	0,06	0,07	0,05
3BH	0,06	0,05	0,06	0,04
4BH	0,08	0,07	0,08	0,06
5BH	0,13	0,16	0,18	0,14
6BH	0,15	0,13	0,15	0,11
7BH	0,09	0,09	0,11	0,08
8BH	0,12	0,11	0,13	0,10

O cálculo do grau de contaminação modificado para uma amostra, é razão entre a soma dos fatores de contaminação e o número de metais, elementos estudados, nestes cálculos consideramos vários fatores de contaminação. Isto é o cálculo dos fatores de

contaminação que também é uma razão entre o metal medido na amostra e valores de referência. Os valores de referência usados foram:

-Da geologia ortodoxa: valores médios da Crosta, valores médios dos sedimentos considerados pré-industrial, valores do Clarke geoquímico e valores do Folhelho médio.

-Das Linhas Guias da Qualidade dos sedimentos.

Cada um dos fatores calculados com seus referenciais tiveram o grau de contaminação calculados para cada uma das amostras para cada uma das campanhas.

2.5.27. Análises estatísticas

As análises estatísticas descritivas foram realizadas a partir dos dados brutos de metais totais dos sedimentos, já as análises multivariadas foram realizadas normalizando os dados em log (X+1).

As análises estatísticas multivariadas, análises de correlação, a análise fatorial usando o método dos componentes principais (FT ou PCA-Principal Component Analysis) e análise por agrupamento hierárquico (HCA-Hierarchical Cluster Analyzes), usando o método de Ward, foram aplicadas para identificar a relação entre os parâmetros químicos nos sedimentos. Foi utilizado o Pacote estatístico do software de Ciências Sociais (Statistical Package for the Social Sciences), SPSS-10.

2.5.28. Análise estatística descritiva

As estatísticas descritivas, foram calculadas, isto é, os intervalos estatísticos, os valores máximos, os valores mínimos, as médias, os desvios padrão, as variâncias, as assimetrias e as curtoses dos dados, obtidos para cada uma das variáveis do estudo considerando por campanha amostral, as quatro campanhas amostrais em conjunto, e todas as campanhas amostrais, desde 2004.

As variáveis apresentadas abaixo foram aquelas, das onze medidas, que apresentaram variações ao longo das campanhas de primavera (2022), verão (2023), outono (2023), e inverno (2023).

Quadro 107 - Apresentam-se os resultados da análise estatística descritiva dos dados das campanhas de primavera (2022), verão (2023), outono (2023), inverno (2023), perfazendo um "n" amostral de 32

EstatisticaDescritiva	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio	Variancia	Assimetria	Curtose
2022-23	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Altot(ppm)	32	3501,13	96,95	3598,08	981,78	769,99	592889,72	1,52	2,89
Astot(ppm)	32	3,03	0,06	3,09	0,50	0,74	0,54	2,50	6,24
Cdtot(ppm)	32	3,09	0,01	3,09	0,43	0,68	0,46	2,47	7,03
Pbtot(ppm)	32	38,57	0,18	38,75	4,03	8,74	76,40	3,52	11,95
Cutot(ppm)	32	8,86	0,18	9,04	1,46	1,71	2,92	3,12	12,43
Crtot(ppm)	32	9,41	0,29	9,70	2,31	2,43	5,89	1,59	1,87
Fetot(ppm)	32	8481,33	781,36	9262,69	3116,11	2022,98	4092437,06	1,20	1,39
Mntot(ppm)	32	604,62	21,95	626,57	165,48	121,51	14765,04	1,93	5,70
Hgtot(ppm)	32	0,02	0,01	0,04	0,02	0,01	0,00	0,86	-0,99
Nitot(ppm)	32	5,66	0,53	6,19	2,44	1,96	3,83	0,82	-0,85
Zntot(ppm)	32	153,62	0,95	154,57	16,84	29,04	843,20	3,74	16,70
Valid N (listwise)	32								

Quadro 108 - Apresentam-se as variáveis do estudo e a suas variáveis da estatística descritiva, considerando todo o banco de dados para metais do estudo, recolhidos desde a campanha de 2004 até 2023, Campanhas E até BH

				Estatística Descritiva					
Elementos	*N*	*Intervalo*	*Minimo*	*Máximo*	*Média*	*Desv.Pad.*	*Variância*	*Asssimetria*	*Curtose*
Estudados	*Estatístico*	*Estatístico*	*Estatístico*	*Estatístico*	*Estatística*	*Estatístico*	*Estatística*	*Estatística*	*Estatística*
Al (ppm)	402	101903,60	96,40	102000,00	15303,81	18723,59	350600000,00	1,76	3,08
Astot(ppm)	402	352,94	0,06	353,00	7,57	25,94	672,77	11,86	151,26
Cdtot(ppm)	402	3,80	0,01	3,80	0,25	0,52	0,27	4,00	17,20
Pbtot(ppm)	402	115,90	0,10	116,00	12,68	16,94	286,83	3,01	11,51
Cutot(ppm)	402	51,02	0,18	51,20	7,30	7,48	55,93	1,75	4,51
Crtot(ppm)	402	85,03	0,28	85,30	12,64	14,52	210,90	2,36	7,00
Fe(ppm)	402	113463,00	537,00	114000,00	14556,39	13618,96	185500000,00	1,97	7,39
Mntot(ppm)	402	4172,32	1,68	4174,00	470,15	588,70	346570,37	2,60	8,51
Hgtot(ppm)	402	0,70	0,00	0,71	0,09	0,09	0,01	2,65	11,45
Nitot(ppm)	402	86,50	0,20	86,70	13,36	15,63	244,41	1,48	2,21
Zntot(ppm)	402	240,05	0,95	241,00	36,48	39,92	1593,60	2,18	6,02
N valido	402								

O cálculo do background atual para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, uma referência pós-industrial, é apresentado no Quadro 108, foi obtido calculando a soma da média estatística a duas vezes o desvio padrão;

Quadro 109 - Cálculo do background dos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota. Considerando cerca de 402 medidas para cada metal. A classe nominal refere-se a dispersão dos dados, aqui atribuída a complexidade do sistema fluvial do arroio Candiota

Background(ppm)	Campanhas -2004 a 2023	Coeficiente de Variação	Ordem Decrescente	Class. Nominal
52590,75	**Altot(ppm)**	106,04	Fetot(ppm)	alta
59,45	**Astot(ppm)**	97,63	Cutot(ppm)	alta
1,30	**Cdtot(ppm)**	97,13	Hgtot(ppm)	alta
46,56	**Pbtot(ppm)**	91,38	Zntot(ppm)	alta
22,26	**Cutot(ppm)**	87,03	Crtot(ppm)	alta
41,68	**Crtot(ppm)**	85,46	Nitot(ppm)	alta
41700,04	**Fetot(ppm)**	81,23	Altot(ppm)	alta
1647,55	**Mntot(ppm)**	79,86	Mntot(ppm)	alta
0,28	**Hgtot(ppm)**	74,89	Pbtot(ppm)	alta
44,63	**Nitot(ppm)**	48,71	Cdtot(ppm)	alta
116,32	**Zntot(ppm)**	29,19	Astot(ppm)	média
n=402		n=402		

As Quadro 110 até 114, apresentam-se os RTRs e ARTRs comparados a condição de referência, construída com os valores médios dado pela estatística descritiva dos dados. (ARTRmed).

Ao obter-se os resultados da análise descritiva dos dados, utilizou-se o Quadro 109, da análise descritiva de todos os dados desde 2004, e tomando a média destes dados foi construída a condição de referência Média, e calculado o valor agregado de referência médio (ARTRmed).

Quadro 110 - Apresenta-se a razão para referência (RTRm) e o valor agregado de referência (ARTR). O referencial de comparação são os valores médios encontrados para os metais em todas as campanhas amostrais, desde 2004, campanhas amostrais indexadas de E até a até a campanha BH. Nesta tabela apresentam-se os valores obtidos neste ano amostral 2022-23, primavera de 2022, comparados com os valores médios de todas as campanhas amostrais. O valor em vermelho significa que ultrapassaram os valores médios dados para todo o conjunto de dados. Note-se que a os metais Al e Fe, apresentam um n=405 e os restantes apresentam n=402, para o cálculo da condição de referência dada pelas médias. Lembrando que BE (campanha amostral de primavera de 2022), BF (campanha amostral de verão de 2023), BG (campanha amostral outono de 2023) e BH (campanha amostral de 2023

Estatística Descritiva	Media Estatística	RTR med	1BE	RTRmed 1BE	2BE	RTRmed 2BE	3BE	RTRmed 3BE	4BE	RTRmed 4BE	5BE	RTRmed 5BE	6BE	RTRmed 6BE	7BE	RTRmed 7BE	8BE	RTRmed 8BE
Altot(ppm)	15190,45	1,00	247,67	0,02	1818,93	0,12	412,99	0,03	664,52	0,04	218,09	0,01	504,95	0,03	615,99	0,04	1535,71	0,10
Astot(ppm)	7,57	1,00	0,27	0,04	2,72	0,36	1,57	0,21	1,44	0,19	0,31	0,04	0,34	0,04	0,32	0,04	0,18	0,02
Cdtot(ppm)	0,25	1,00	0,27	1,05	0,27	1,07	1,57	6,19	1,44	5,68	0,31	1,20	0,34	1,33	0,32	1,27	1,78	7,02
Pbtot(ppm)	12,68	1,00	0,27	0,02	34,11	2,69	1,57	0,12	1,62	0,13	0,31	0,02	0,99	0,08	0,32	0,03	0,18	0,01
Cutot(ppm)	7,30	1,00	0,27	0,04	4,27	0,58	1,57	0,22	1,44	0,20	0,31	0,04	0,34	0,05	0,32	0,04	0,18	0,02
Crtot(ppm)	12,64	1,00	1,41	0,11	6,35	0,50	1,57	0,12	2,27	0,18	0,41	0,03	0,78	0,06	0,54	0,04	2,52	0,20
Fetot(ppm)	14448,57	1,00	1350,52	0,09	4189,22	0,29	1429,52	0,10	3650,72	0,25	781,36	0,05	2262,78	0,16	1089,86	0,08	5400,96	0,37
Mntot(ppm)	470,15	1,00	59,77	0,13	386,29	0,82	165,68	0,35	105,30	0,22	58,43	0,12	42,14	0,09	266,45	0,57	165,51	0,35
Hgtot(ppm)	0,09	1,00	0,02	0,18	0,03	0,36	0,02	0,21	0,02	0,19	0,02	0,20	0,02	0,22	0,02	0,21	0,03	0,36
Nitot(ppm)	13,36	1,00	0,53	0,04	5,44	0,41	3,15	0,24	2,88	0,22	0,68	0,05	2,04	0,15	1,97	0,15	3,56	0,27
Zntot(ppm)	36,48	1,00	0,95	0,03	42,21	1,16	1,95	0,05	18,53	0,51	1,52	0,04	4,67	0,13	4,62	0,13	154,57	4,24
	∑	11,00	∑	1,74	∑	8,36		7,84		7,81		1,83		2,35		2,59		12,97
	ARTRmed	1,00	ARTR 1BE	0,16	ARTR 2BE	0,76	ARTR 3BE	0,71	ARTR 4BE	0,71	ARTR 5BE	0,17	ARTR 6BE	0,21	ARTR 7BE	0,24	ARTR 8BE	1,18

Quadro 111 - Apresenta-se a razão para referência RTR e o valor agregado de referência (ARTR). O referencial de comparação são os valores médios encontrados para os metais em todas as campanhas amostrais, desde 2004, campanhas amostrais indexadas de E até a campanha BH. Nesta tabela apresentam-se os valores obtidos neste ano amostral 2022-23, verão de 2023, comparados com os valores médios de todas as campanhas amostrais. O valor em vermelho significa que ultrapassaram os valores médios dados para todo o conjunto de dados. Lembrando que BE (campanha amostral de primavera de 2022), BF (campanha amostral de verão de 2023), BG (campanha amostral outono de 2023) e BH (campanha amostral de 2023)

Estatística Descritiva	Media Estatística	RTR med	1BF	RTRmed 1BF	2BF	RTRmed 2BF	3BF	RTRmed 3BF	4BF	RTRmed 4BF	5BF	RTRmed 5BF	6BF	RTRmed 6BF	7BF	RTRmed 7BF	8BF	RTRmed 8BF
Altot(ppm)	15190,45	1,00	837,64	0,06	1939,93	0,13	525,40	0,03	1851,89	0,12	435,06	0,03	488,57	0,03	504,36	0,03	1479,99	0,10
Astot(ppm)	7,57	1,00	0,64	0,08	0,66	0,09	0,60	0,08	0,49	0,06	0,62	0,08	3,09	0,41	0,59	0,08	0,64	0,08
Cdtot(ppm)	0,25	1,00	0,64	2,53	0,66	2,59	0,60	2,37	0,49	1,92	0,62	2,45	3,09	12,18	0,59	2,34	0,64	2,51
Pbtot(ppm)	12,68	1,00	0,64	0,05	0,66	0,05	5,18	0,41	0,49	0,04	3,09	0,24	7,79	0,61	0,59	0,05	38,75	3,06
Cutot(ppm)	7,30	1,00	1,54	0,21	1,69	0,23	1,33	0,18	2,66	0,36	1,68	0,23	9,04	1,24	1,31	0,18	3,65	0,50
Crtot(ppm)	12,64	1,00	1,32	0,10	3,51	0,28	0,82	0,06	5,09	0,40	1,00	0,08	3,09	0,24	0,94	0,07	3,01	0,24
Fetot(ppm)	14448,57	1,00	2126,40	0,15	4419,32	0,31	1064,39	0,07	9262,69	0,64	1138,42	0,08	1271,10	0,09	1113,81	0,08	4736,58	0,33
Mntot(ppm)	470,15	1,00	214,20	0,46	145,19	0,31	54,24	0,12	102,97	0,22	21,95	0,05	23,41	0,05	204,34	0,43	96,82	0,21
Hgtot(ppm)	0,09	1,00	0,04	0,42	0,04	0,43	0,04	0,40	0,03	0,32	0,04	0,41	0,04	0,41	0,04	0,39	0,04	0,42
Nitot(ppm)	13,36	1,00	1,29	0,10	1,68	0,13	1,20	0,09	3,96	0,30	1,24	0,09	6,19	0,46	1,19	0,09	1,60	0,12
Zntot(ppm)	36,48	1,00	3,50	0,10	8,29	0,23	1,42	0,04	23,33	0,64	1,77	0,05	3,09	0,08	1,08	0,03	48,01	1,32
	∑	11,00		4,26		4,77		3,85		5,03		3,79		15,81		3,78		8,88
	ARTRmed	1,00	ARTRmed 1BF	0,39	ARTR 2BF	0,43	ARTR 3BF	0,35	ARTR 4BF	0,46	ARTR 5BF	0,34	ARTR 6BF	1,44	ARTR 7BF	0,34	ARTR 8BF	0,81

Note-se que a os metais Al e Fe, apresentam um n=405 e os restantes apresentam n=402, para o cálculo da condição de referência dada pelas médias.

Quadro 112 - Apresenta-se a razão para referência RTR e o valor agregado de referência (ARTR). O referencial de comparação são os valores médios encontrados para os metais em todas as campanhas amostrais, desde 2004, campanhas amostrais indexadas de E até a campanha BH. Nesta tabela apresentam-se os valores obtidos neste ano amostral 2022-23, outono de 2023, comparados com os valores médios de todas as campanhas amostrais. O valor em vermelho significa que ultrapassaram os valores médios dados para todo o conjunto de dados. Lembrando que BE (campanha amostral de primavera de 2022), BF (campanha amostral de verão de 2023), BG (campanha amostral outono de 2023) e BH (campanha amostral de 2023)

Estatística Descritiva	Media Estatística	RTR med	1BG	RTRmed 1BG	2BG	RTRmed 2BG	3BG	RTRmed 3BG	4BG	RTRmed 4BG	5BG	RTRmed 5BG	6BG	RTRmed 6BG	7BG	RTRmed 7BG	8BG	RTRmed 8BG
Altot(ppm)	15190,45	1,00	549,77	0,04	1225,34	0,08	585,60	0,04	875,52	0,06	356,32	0,02	115,88	0,01	462,10	0,03	96,95	0,01
Astot(ppm)	7,57	1,00	0,07	0,01	0,06	0,01	0,06	0,01	0,50	0,07	0,06	0,01	0,07	0,01	0,07	0,01	0,07	0,01
Cdtot(ppm)	0,25	1,00	0,07	0,26	0,01	0,02	0,06	0,22	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03
Pbtot(ppm)	12,68	1,00	0,33	0,03	1,49	0,12	0,28	0,02	1,23	0,10	0,30	0,02	1,71	0,13	0,33	0,03	1,85	0,15
Cutot(ppm)	7,30	1,00	1,96	0,27	2,19	0,30	1,23	0,17	1,23	0,17	1,28	0,18	1,71	0,23	1,02	0,14	1,85	0,25
Crtot(ppm)	12,64	1,00	1,75	0,14	9,70	0,77	1,68	0,13	5,93	0,47	0,82	0,06	6,02	0,48	0,57	0,04	7,60	0,60
Fetot(ppm)	14448,57	1,00	2255,46	0,16	6738,15	0,47	2005,47	0,14	4249,73	0,29	1378,46	0,10	3928,24	0,27	1431,72	0,10	3623,51	0,25
Mntot(ppm)	470,15	1,00	157,13	0,33	189,01	0,40	77,07	0,16	201,71	0,43	84,75	0,18	55,58	0,12	218,89	0,47	144,35	0,31
Hgtot(ppm)	0,09	1,00	0,02	0,22	0,02	0,20	0,02	0,18	0,01	0,16	0,02	0,20	0,02	0,23	0,02	0,22	0,02	0,24
Nitot(ppm)	13,36	1,00	0,66	0,05	5,28	0,40	0,69	0,05	4,85	0,36	0,66	0,05	5,53	0,41	0,83	0,06	5,91	0,44
Zntot(ppm)	36,48	1,00	2,48	0,07	11,02	0,30	4,28	0,12	20,28	0,56	4,56	0,13	8,16	0,22	3,33	0,09	47,37	1,30
	∑	11,00		1,57		3,06		1,24		2,68		0,96		2,14		1,21		3,59
	ARTRmed	1,00	ARTR 1BG	0,14	ARTR 2BG	0,28	ARTR 3BG	0,11	ARTR 4BG	0,24	ARTR 5BG	0,09	ARTR 6BG	0,19	ARTR 7BG	0,11	ARTR 8BG	0,33

Note-se que a os metais Al e Fe, apresentam um n=405 e os restantes apresentam n=402, para o cálculo da condição de referência dada pelas médias.

Quadro 113 - Apresenta-se a razão para referência RTR e o valor agregado de referência (ARTR). O referencial de comparação são os valores médios encontrados para os metais em todas as campanhas amostrais, desde 2004, campanhas amostrais indexadas de E até a campanha BH. Nesta tabela apresentam-se os valores obtidos neste ano amostral 2022-23, inverno de 2023, comparados com os valores médios de todas as campanhas amostrais. O valor em vermelho significa que ultrapassaram os valores médios dados para todo o conjunto de dados. Lembrando que BE (campanha amostral de primavera de 2022), BF (campanha amostral de verão de 2023), BG (campanha amostral outono de 2023) e BH (campanha amostral de 2023)

Estatística Descritiva	Media Estatística	RTR med	1BH	RTRmed 1BH	2BH	RTRmed 2BH	3BH	RTRmed 3BH	4BH	RTRmed 4BH	5BH	RTRmed 5BH	6BH	RTRmed 6BH	7BH	RTRmed 7BH	8BH	RTRmed 8BH
Altot(ppm)	15190,45	1,00	762,79	0,05	1513,71	0,10	754,28	0,05	1284,63	0,08	3598,08	0,24	2370,51	0,16	1809,86	0,12	973,92	0,06
Astot(ppm)	7,57	1,00	0,06	0,01	0,06	0,01	0,06	0,01	0,06	0,01	0,07	0,01	0,07	0,01	0,07	0,01	0,07	0,01
Cdtot(ppm)	0,25	1,00	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03
Pbtot(ppm)	12,68	1,00	0,32	0,03	2,00	0,16	2,42	0,19	1,71	0,13	6,65	0,52	5,26	0,41	4,15	0,33	2,36	0,19
Cutot(ppm)	7,30	1,00	0,32	0,04	0,31	0,04	0,29	0,04	0,29	0,04	0,36	0,05	0,37	0,05	0,33	0,05	0,33	0,04
Crtot(ppm)	12,64	1,00	0,32	0,03	0,31	0,02	0,29	0,02	0,85	0,07	1,46	0,12	0,60	0,05	0,33	0,03	1,06	0,08
Fetot(ppm)	14448,57	1,00	2741,60	0,19	2541,08	0,18	1890,12	0,13	3301,36	0,23	5673,76	0,39	6781,26	0,47	2672,02	0,18	3216,00	0,22
Mntot(ppm)	470,15	1,00	155,20	0,33	156,02	0,33	106,88	0,23	159,94	0,34	626,57	1,33	251,25	0,53	310,19	0,66	288,00	0,61
Hgtot(ppm)	0,09	1,00	0,02	0,21	0,02	0,20	0,02	0,19	0,02	0,19	0,02	0,24	0,02	0,24	0,02	0,22	0,02	0,22
Nitot(ppm)	13,36	1,00	0,65	0,05	0,62	0,05	0,57	0,04	1,33	0,10	3,44	0,26	6,13	0,46	1,41	0,11	0,77	0,06
Zntot(ppm)	36,48	1,00	1,51	0,04	4,95	0,14	2,02	0,06	13,97	0,38	15,91	0,44	29,16	0,80	6,34	0,17	43,90	1,20
	∑	11,00		1,00		1,25		0,98		1,60		3,62		3,21		1,90		2,73
	ARTRmed	1,00	ARTR 1BH	0,09	ARTR 2BH	0,11	ARTR 3BH	0,09	ARTR 4BH	0,15	ARTR 5BH	0,33	ARTR 6BH	0,29	ARTR 7BH	0,17	ARTR 8BH	0,25

Note-se que a os metais Al e Fe, apresentam um n=405 e os restantes apresentam n=402, para o cálculo da condição de referência dada pelas médias.

Eis a sequência das estações ordenadas do maior valor de ARTR para o menor valor, ao *comparar-se* com as **médias,** consideradas uma nova **condição de referência,** construída com os próprios dados do monitoramento ambiental desde 2004 até 2023, considerando todas as campanhas amostrais:

6BF (1,44) > 8BE (1,18)>**ARTRmed. (1,00)** > 8BF(0,81) > 2BE(0,76) > 3BE (0,71) > 4BE (0,71) > 4BF(0,46) >2BF(0,43) >1BF(0,39) >3BF(0,35) >5BF(0,34) > 7BF(0,34) >5BH(0,33) >8BG(0,33) >6BH(0,29) >2BG(0,28) > 8BH(0,25)> 4BG(0,24) >7BE(0,24) >6BE (0,21) >6BG (0,19) > 7BH(0,17) >5BE (0,17) >1BE(0,16) >4BH (0,15) > 1BG(0,14) >2BH(0,11)>3BG(0,11) >7BG(0,11) >1BH(0,09) >3BH(0,09)>5BG(0,09).

A expressão ARTRmed (1,00) significa que a condição média dada pelas medidas até agora executadas nos sedimentos do arroio Candiota é igual a 1,00, as outras estações amostrais ou unidades amostrais colhidas estão abaixo da média, exceções feitas as estações 6BF (verão) (mineração) e 8 BE (primavera) (térmica) tendo a mineração (estação 6BF) um valor maior do que a (estação 8 BE).

As estações 6BF (verão 2023), déficit hídrico e 8BE (primavera de 2022), posicionaram-se acima dos valores médios de todas as campanhas amostrais desde 2004.

Observe que as estações 6BF e 8BE, foram as únicas estações que apresentaram valores agregados de referência (ARTR) maiores do que a condição de referência construída aqui com os valores médios de cerca de 402 medidas de cada variável.

A unidade amostral 6BF, apresentou-se 1,44 vezes maior do que a condição de referência dada pela média de 402 medidas de cada variável que descreve a situação ambiental dos metais.

A estação 8BE, apresentou-se 1,18 vezes maior do que a condição de referência dado pelo valor médio de cerca de 402 medidas de cada variável.

Lembrando que as estações 6 e 8 são respectivamente, a frente de mineira do carvão mineral, que está avançando no terreno e o lançamento do efluente líquido polido da térmica, respectivamente.

Há que se que considerar que são usadas as médias. (n=402)

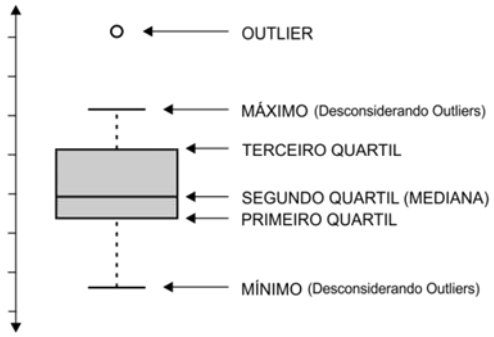
2.5.29. Box plot

A importância dos diagramas “Box Plot” reside no fato de apesentar-se através deste formato os dados obtidos das variáveis do estudo, mostrando o primeiro quartil, o segundo quartil (mediana), a amplitude de variação.

Na Figura 64 apresenta o diagrama explicativo de um “box plot”.

Os “outliers”, influenciam o valor da média, da variância e do desvio padrão, pois tais medidas são resultadas da utilização de todos os dados existentes. Os outliers não influenciam (ou pouco influenciam) na mediana, sendo ela a medida de posição mais indicada na presença de outliers.

Figura 64 - Esquema do diagrama de caixa, posicionando os valores “outliers”, ou os valores discrepantes.



O “box plot”, ou diagrama de caixa, consiste em uma ferramenta gráfica que representa a variação dos dados observados, de uma variável numérica, por meio dos seus quartis de distribuição.

Fora da caixa existe uma linha reta, o chamado “fio do bigode”, que se estende para fora do quartil superior e do quartil inferior.

Os valores atípicos ou os “outliers” (valores discrepantes podem ser notados como pontos individuais no diagrama.

Os espaços entre as diferentes partes da caixa indicam o grau de dispersão, a obliquidade dos dados e os outliers.

O “box plot”, ou diagrama de caixa, consiste em uma ferramenta gráfica que representa a variação dos dados observados, de uma variável numérica, por meio dos quartis.

Fora da caixa existe uma linha reta, o chamado “fio do bigode”, que se estende para fora do quartil superior e do quartil inferior.

Os valores atípicos ou os “outliers” (valores discrepantes podem ser notados como pontos individuais no diagrama.

Os espaços entre as diferentes partes da caixa indicam o grau de dispersão, a obliquidade dos dados e os outliers.

As letras que acompanham os pontos, em especial nos valores discrepantes ou “outliers”, estão referenciando a campanha amostral.

Os quartis dividem um determinado conjunto de dados cujos elementos são números reais em 4 grupos, e cada grupo inclui aproximadamente 25% (ou um quarto) de todos os valores incluídos no conjunto de dados.

Os Quartis de um box plot, seja Q1 o primeiro quartil, Q2 a mediana e Q3 o terceiro quartil. Os quatro grupos de valores de dados são definidos pelos intervalos:

Grupo 1: Do limite inferior até Q1, também conhecido como 25^0 percentil, porque 25% dos valores do conjunto de dados estão abaixo dele.

Grupo 2: De Q1 a Q2. Q2 que é chamado de 50^0 percentil, porque 50% dos valores do conjunto de dados estão abaixo dele.

Grupo 3: De Q2 a Q3. Q3 que também é chamado de 75^0 percentil, porque 75% dos valores do conjunto de dados estão abaixo dele.

Grupo 4: De Q3 ao limite superior.

Além disso, esse método proporciona a localização visual da posição, dispersão, simetria, caudas e os valores extremos e os “outliers” dos dados.

A dispersão dos dados pode ser representada pelo intervalo interquartílico que é a diferença entre o terceiro quartil e o primeiro quartil (tamanho da caixa), ou ainda pela amplitude que é calculada da seguinte maneira:

= (Valor máximo – Valor mínimo)

Embora a amplitude seja de fácil entendimento, o intervalo interquartílico é uma estatística mais robusta para medir variabilidade uma vez que não sofre influência de outliers.

Um conjunto de dados que tem uma distribuição simétrica, terá a linha da mediana no centro do retângulo.

Quando a linha da mediana está próxima ao primeiro quartil, os dados são assimétricos positivos e quando a posição da linha da mediana é próxima ao terceiro quartil, os dados são assimétricos negativos.

A mediana é a medida de tendência central mais indicada quando os dados possuem distribuição assimétrica, uma vez que a média aritmética é influenciada pelos valores extremos.

Os “outliers” são dados que se diferenciam drasticamente de todos os outros. Em outras palavras, um “outliers” é um valor que foge da normalidade (da distribuição dos dados no estudo) e que pode (e provavelmente irá) causar anomalias nos resultados quando obtidos por meio de algoritmos e sistemas de análises.

Os outliers são nomeados como: dados discrepantes; pontos fora da curva; observações fora do comum; anomalias; valores atípicos; entre outros.

Figura 65 - Apresentam-se diagramas de caixa correlacionados a histogramas genéricos para reforçando a importância desta visualização.

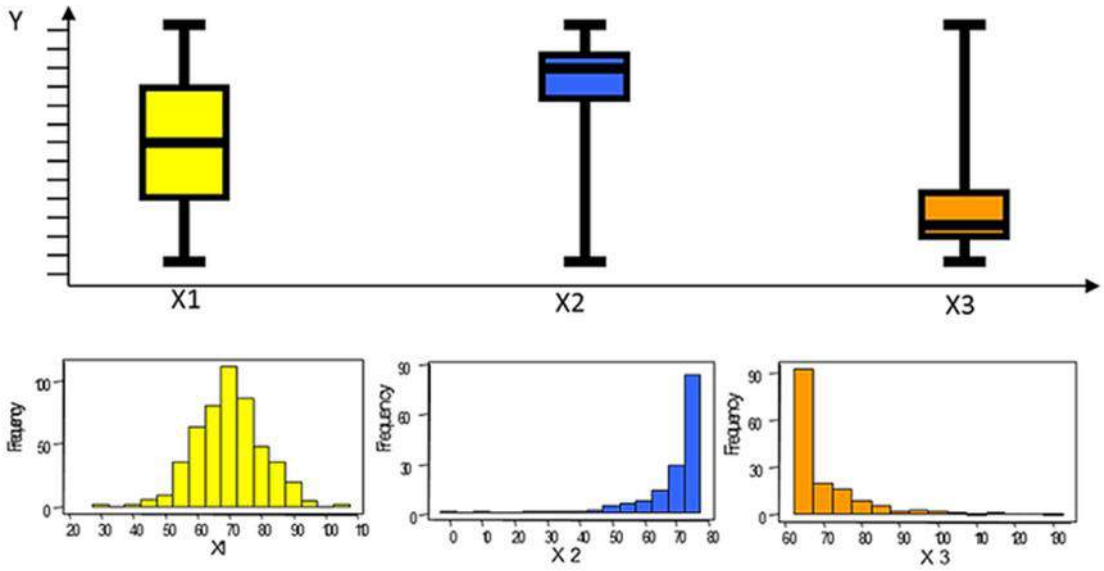


Figura 66 - Apresentam-se os diagramas box plot de Alumínio, Ferro e Manganês, reunindo as campanhas de Primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023, campanhas BE, BF BG e BH respectivamente.

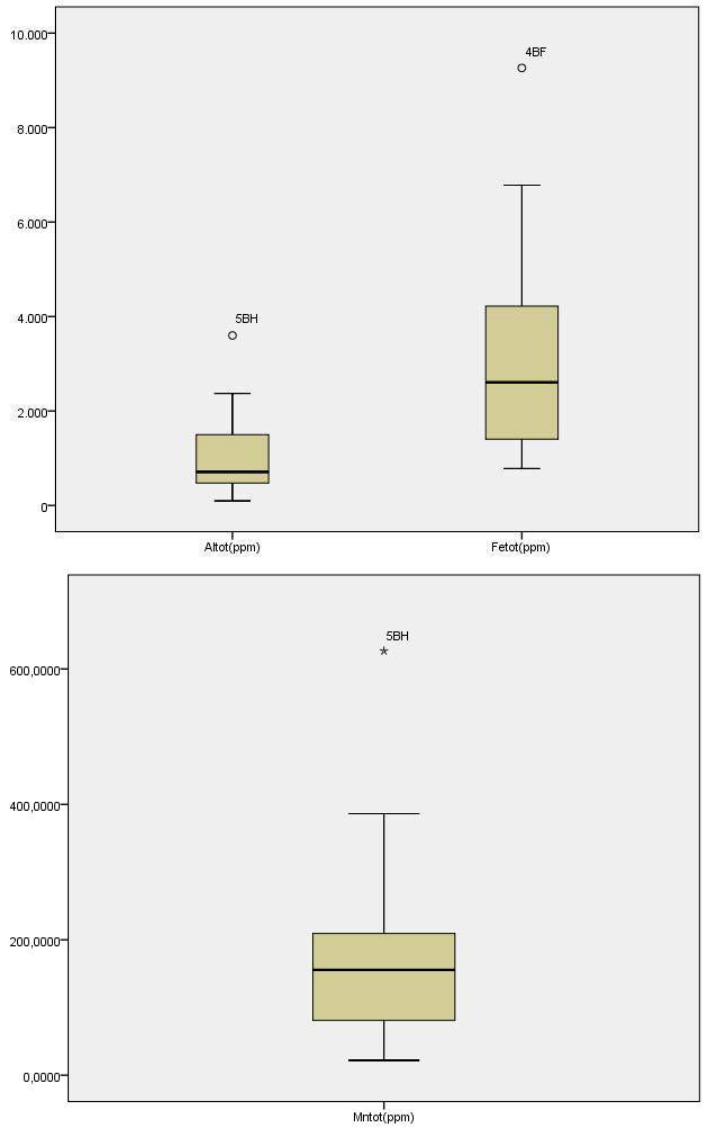


Figura 67 - Apresentam-se os diagramas box plot de Arsênio, Cádmio e Chumbo, reunindo as campanhas de Primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023, campanhas BE, BF BG e BH respectivamente

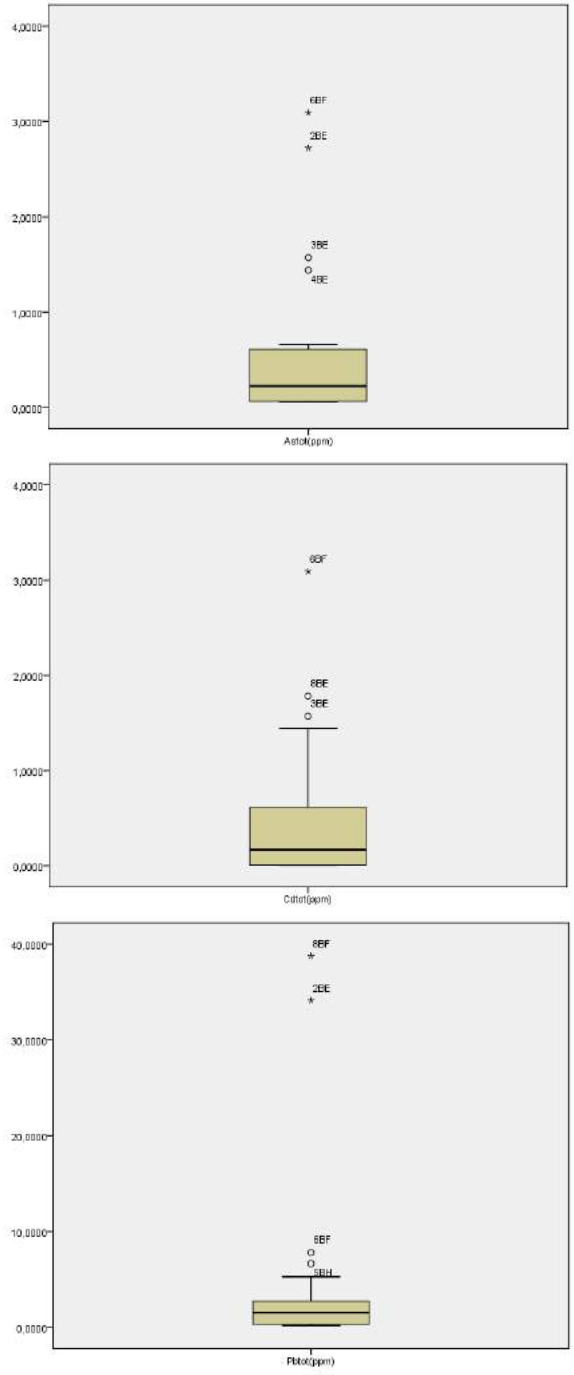


Figura 68 - Apresentam-se os diagramas box plot de Cobre, Cromo e Mercúrio, reunindo as campanhas de Primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023, campanhas BE, BF BG e BH respectivamente

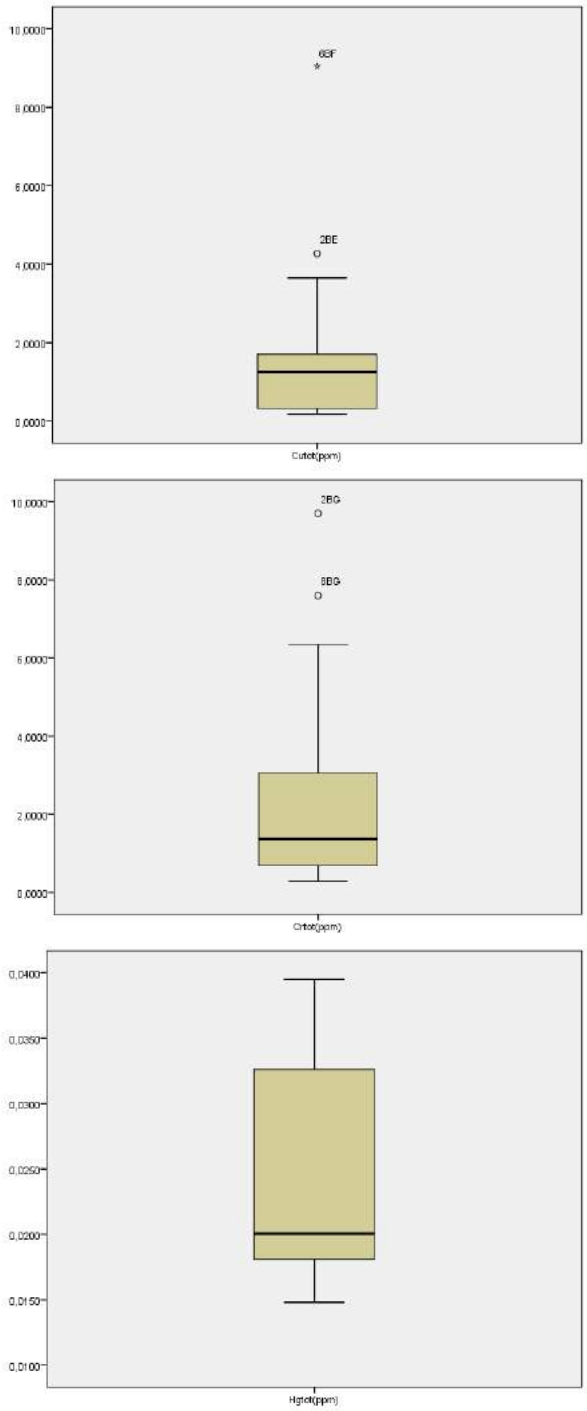
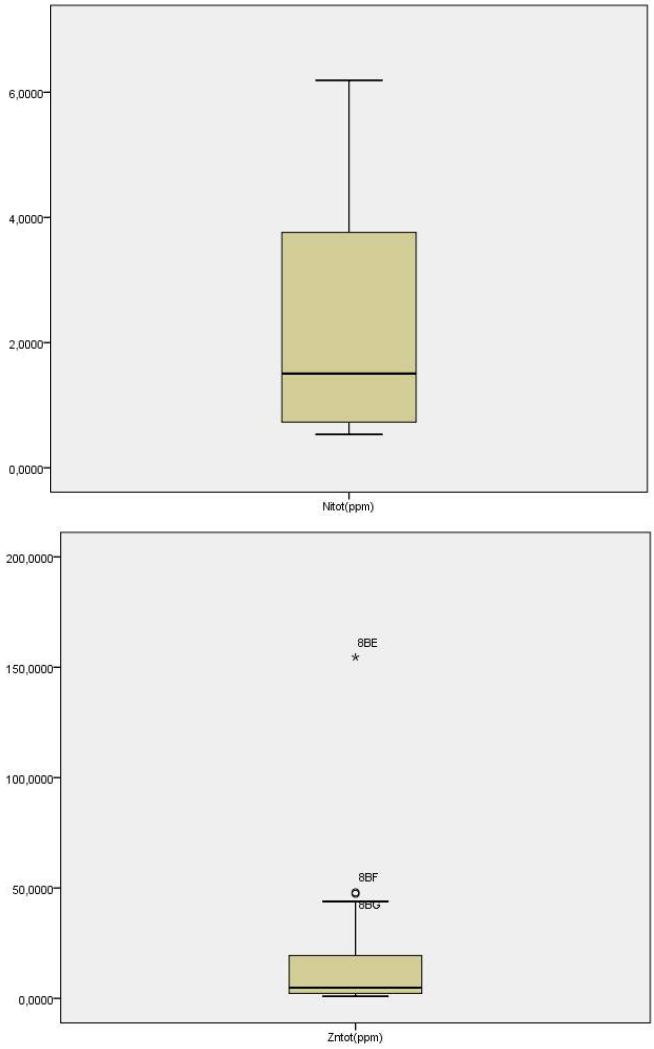


Figura 69 - Apresentam-se os diagramas box plot de Níquel e Zinco, reunindo as campanhas de Primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023, campanhas BE, BF BG e BH respectivamente



Quadro 114 - Estatística descritiva das Estações 1 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental. N=54

				Estatística Descritiva					
Estações 1	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desv.Pad	Variância	Assimetria	Curtose
E ate BH	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Al (ppm)	54	62670,00	211,00	62881,00	15063,70	17381,09	302100000,00	1,14	0,31
Astot(ppm)	54	344,94	0,06	345,00	11,64	46,66	2176,82	7,14	51,89
Cdtot(ppm)	54	2,74	0,01	2,75	0,33	0,64	0,42	2,66	6,05
Pbtot(ppm)	54	87,50	0,10	87,60	11,02	15,19	230,78	2,83	11,32
Cutot(ppm)	54	20,13	0,27	20,40	6,19	5,89	34,74	0,66	-0,71
Crtot(ppm)	54	72,38	0,32	72,70	9,83	12,61	159,03	2,72	10,64
Fe(ppm)	54	45475,00	925,00	46400,00	11580,20	11985,97	143700000,00	1,25	0,50
Mntot(ppm)	54	3450,90	29,10	3480,00	551,67	735,03	540261,83	2,12	4,72
Hgtot(ppm)	54	0,48	0,01	0,49	0,09	0,08	0,01	2,31	9,55
Nitot(ppm)	54	44,39	0,21	44,60	11,82	13,86	192,05	0,84	-0,72
Zntot(ppm)	54	138,95	0,95	139,90	25,77	33,83	1144,33	1,78	2,44
N válidos	54								

Figura 70 - Box Plot Al, As, e Cd na estação amostral 1 (local de referência) campanhas BE (2004) até BH (2023).

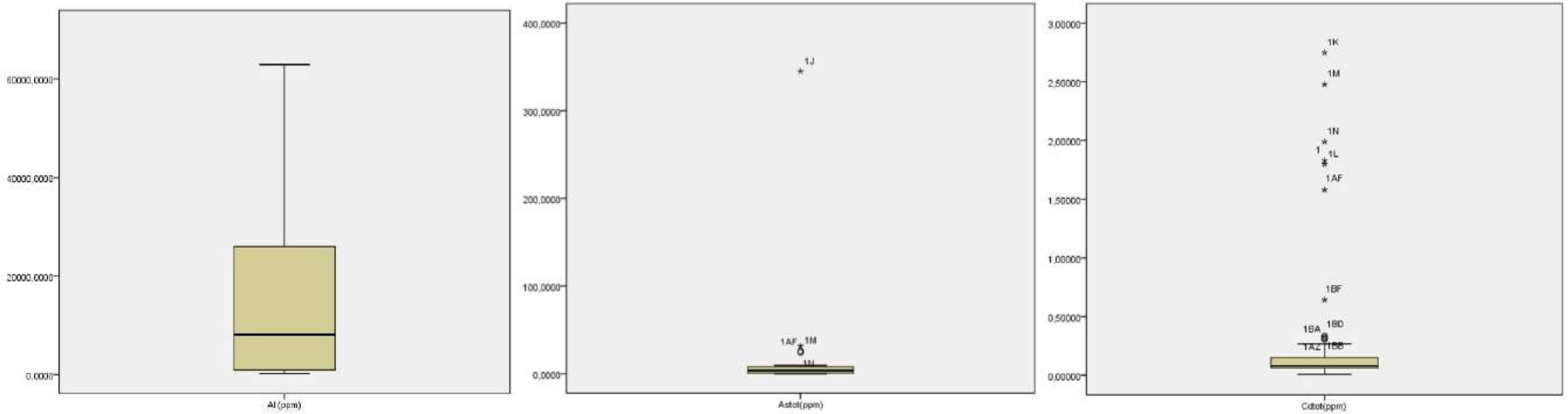


Figura 71 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 1 (local de referência) campanhas BE (2004) até BH (2023).

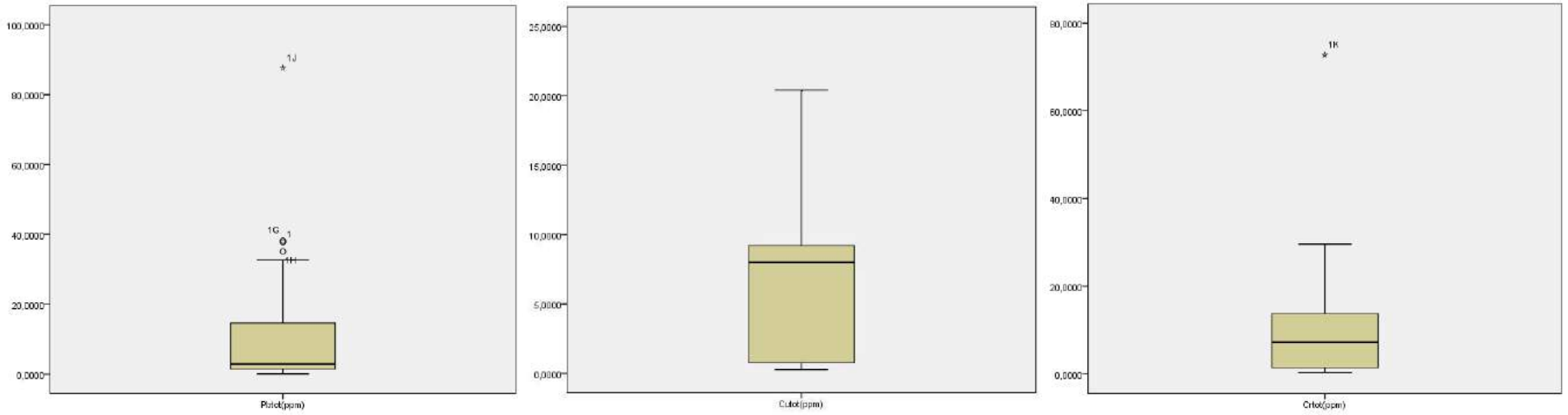


Figura 72 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 1 (local de referência) campanhas BE (2004) até BH (2023).

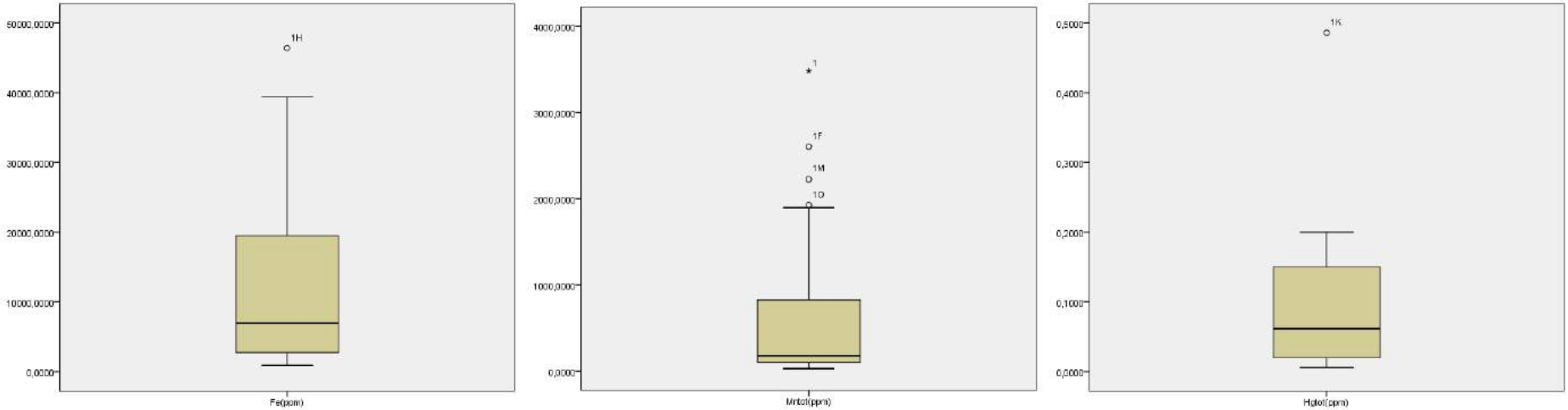
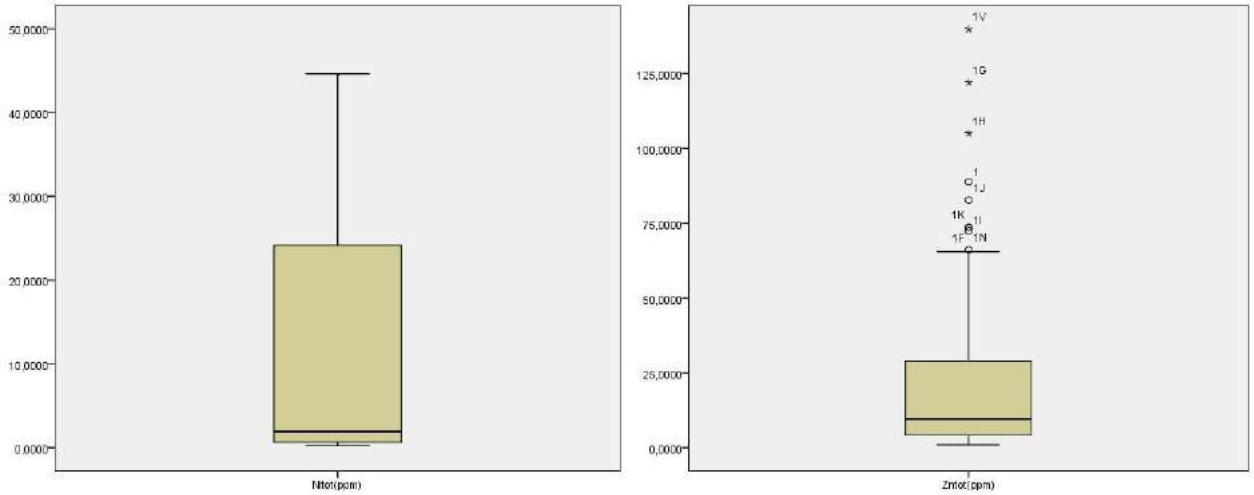


Figura 73 - Box Plot Ni e Zn na estação amostral 1 (local de referência) campanhas BE (2004) até BH (2023).



Quadro 115 - Estatística descritiva das Estações 2 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental. N=53

				Estatística Descritiva					
Estações 2	**N**	**Intervalo**	**Mínimo**	**Máximo**	**Média**	**Desv.Pad**	**Variância**	**Assimetria**	**Curtose**
E ate BH	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatística**	**Estatístico**	**Estatística**	**Estatística**	**Estatística**
Al (ppm)	53	78503,60	96,40	78600,00	17221,32	18001,82	324100000,00	1,52	2,05
Astot(ppm)	53	25,74	0,06	25,80	5,12	4,83	23,30	1,72	5,18
Cdtot(ppm)	53	2,61	0,01	2,62	0,25	0,51	0,26	3,84	15,01
Pbtot(ppm)	53	92,90	0,10	93,00	13,06	16,62	276,30	2,85	10,45
Cutot(ppm)	53	50,94	0,26	51,20	11,09	11,98	143,53	1,63	1,93
Crtot(ppm)	53	84,99	0,31	85,30	18,73	21,19	449,00	1,83	2,38
Fe(ppm)	53	113224,00	776,00	114000,00	19011,94	21416,24	458700000,00	2,24	6,42
Mntot(ppm)	53	4172,32	1,68	4174,00	604,95	864,35	747094,45	2,43	6,00
Hgtot(ppm)	53	0,52	0,00	0,52	0,10	0,10	0,01	2,09	6,67
Nitot(ppm)	53	79,78	0,52	80,30	18,59	20,99	440,50	1,35	0,78
Zntot(ppm)	53	237,97	3,03	241,00	46,23	53,32	2843,32	2,02	3,67
N válidos	53								

Figura 74 - Box Plot Al, As, e Cd na estação amostral 2 campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023)

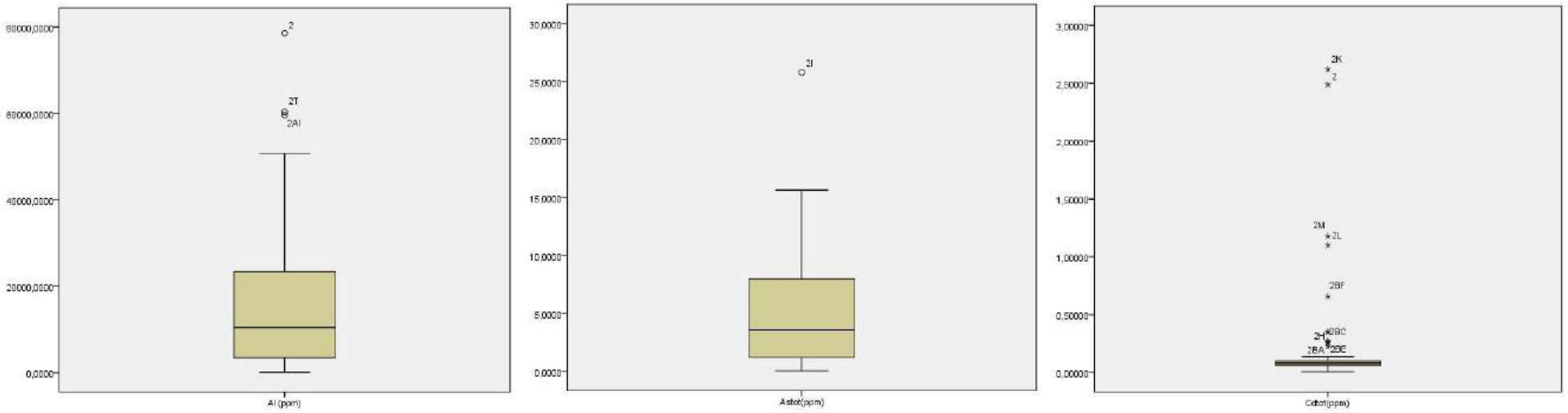


Figura 75 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 2, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023)

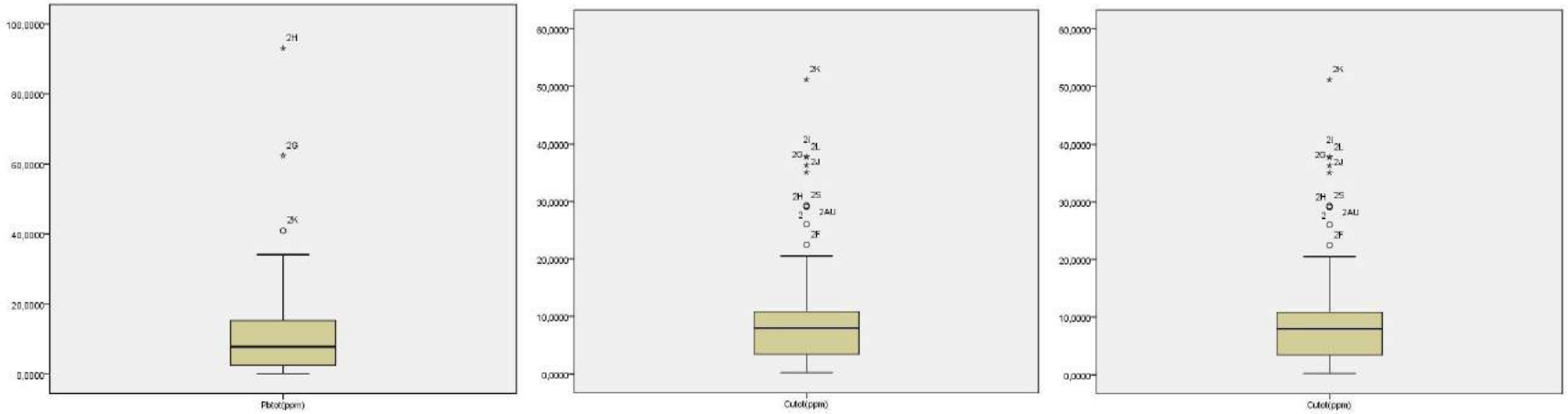


Figura 76 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 2, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).

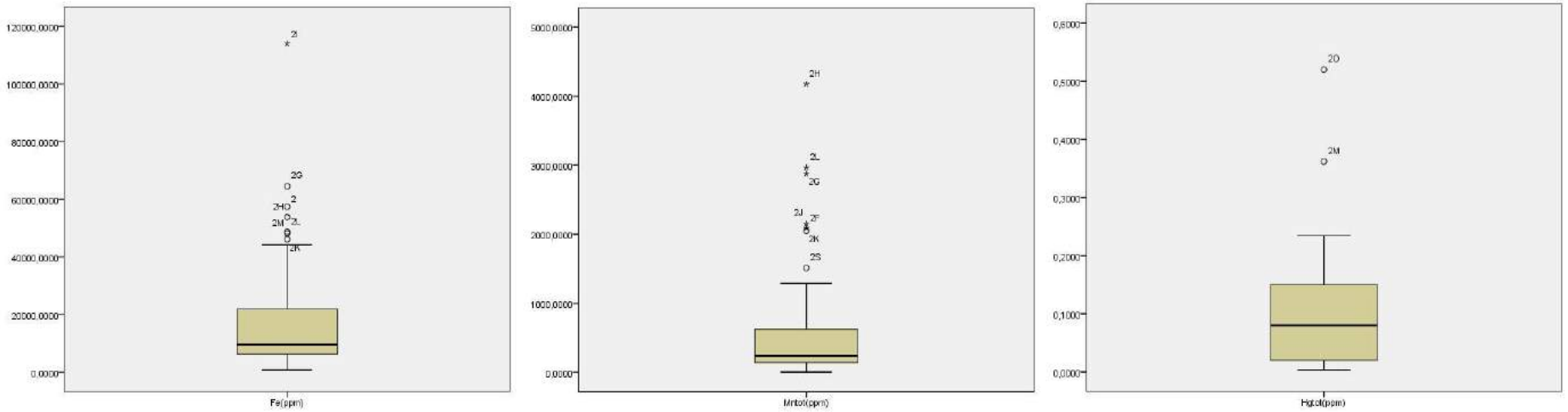
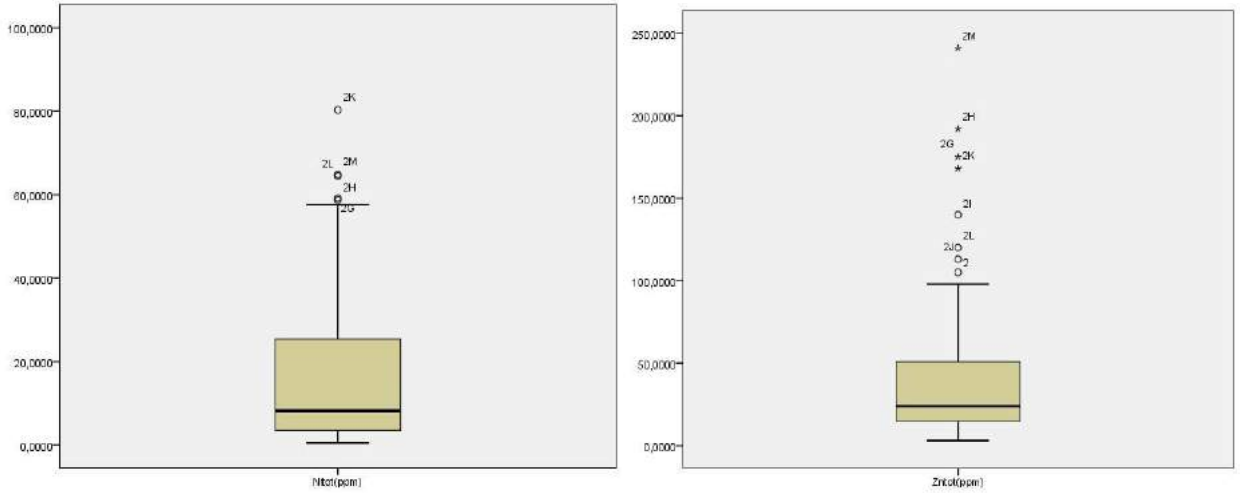


Figura 77: Box Plot Ni e Zn na estação amostral 2, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023)



Quadro 116 - Estatística descritiva das Estações 3 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental. N=54

				Estatística Descritiva					
Estações 3	**N**	**Intervalo**	**Mínimo**	**Máximo**	**Média**	**Desv.Pad**	**Variância**	**Assimetria**	**Curtose**
E ate BH	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatística**	**Estatístico**	**Estatística**	**Estatística**	**Estatística**
Al (ppm)	54	101829,00	171,00	102000,00	17336,57	24781,45	614100000,00	1,98	3,55
Astot(ppm)	54	62,74	0,06	62,80	5,06	8,73	76,26	5,62	37,26
Cdtot(ppm)	54	3,54	0,01	3,55	0,27	0,60	0,37	4,07	18,02
Pbtot(ppm)	54	83,90	0,10	84,00	14,29	18,23	332,50	2,19	5,49
Cutot(ppm)	54	25,25	0,25	25,50	5,65	5,73	32,86	1,11	1,28
Crtot(ppm)	54	45,82	0,28	46,10	8,66	10,07	101,37	1,62	2,50
Fe(ppm)	54	47163,00	537,00	47700,00	11683,42	12683,54	160900000,00	1,30	0,39
Mntot(ppm)	54	3075,76	54,24	3130,00	512,40	687,55	472721,81	2,13	3,99
Hgtot(ppm)	54	0,64	0,01	0,65	0,09	0,10	0,01	3,09	14,72
Nitot(ppm)	54	52,23	0,38	52,60	12,14	14,53	211,26	0,98	-0,18
Zntot(ppm)	54	178,58	1,42	180,00	28,45	40,64	1651,75	2,07	3,92
N Válidos	54								

Figura 78 - Box Plot Al, As e Cd na estação amostral 3, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023)

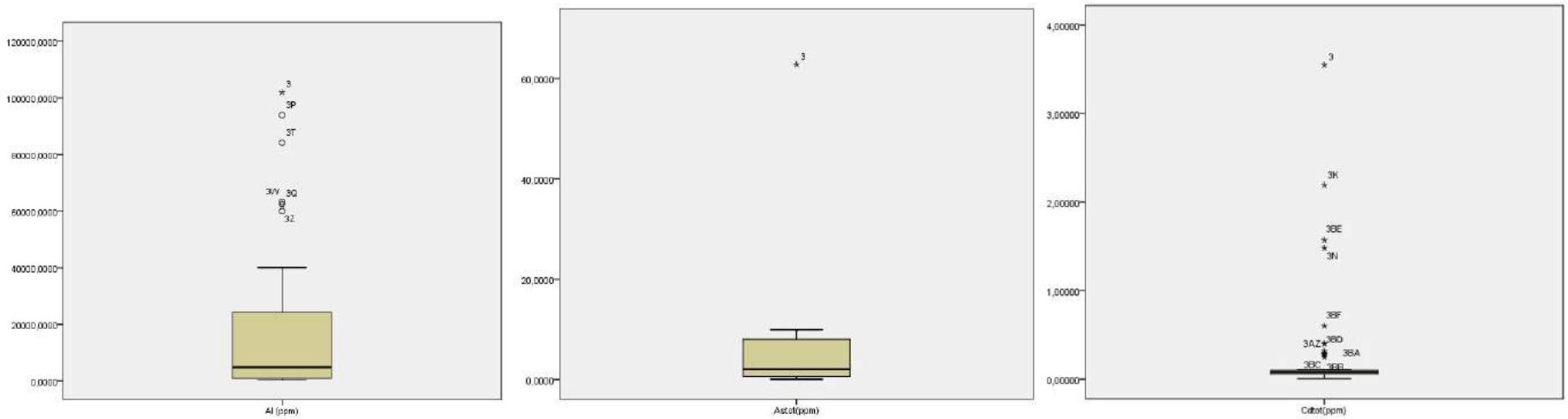


Figura 79 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 3, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).

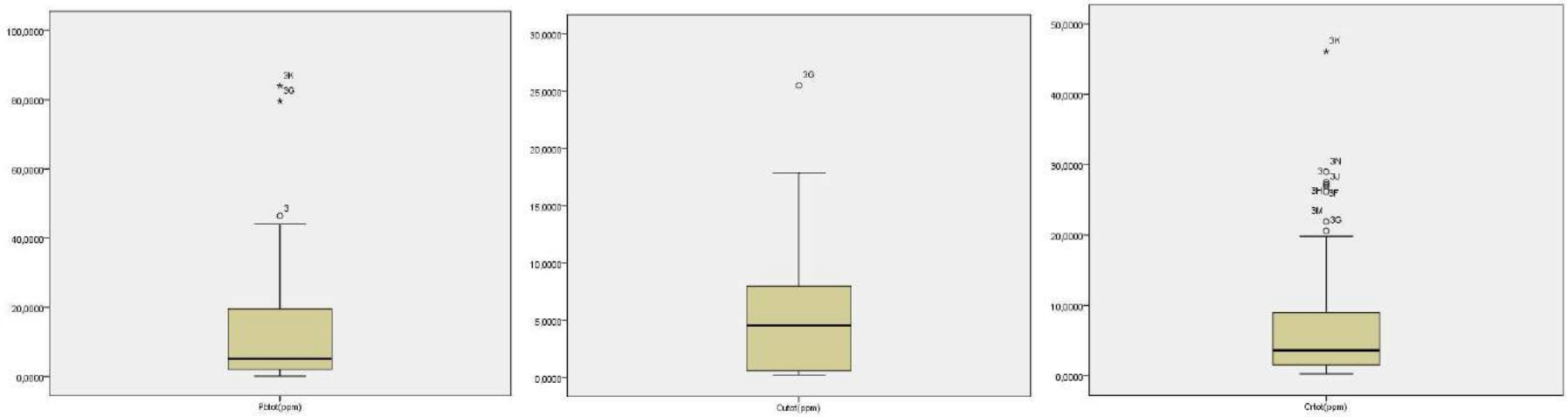


Figura 80 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 3, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023)

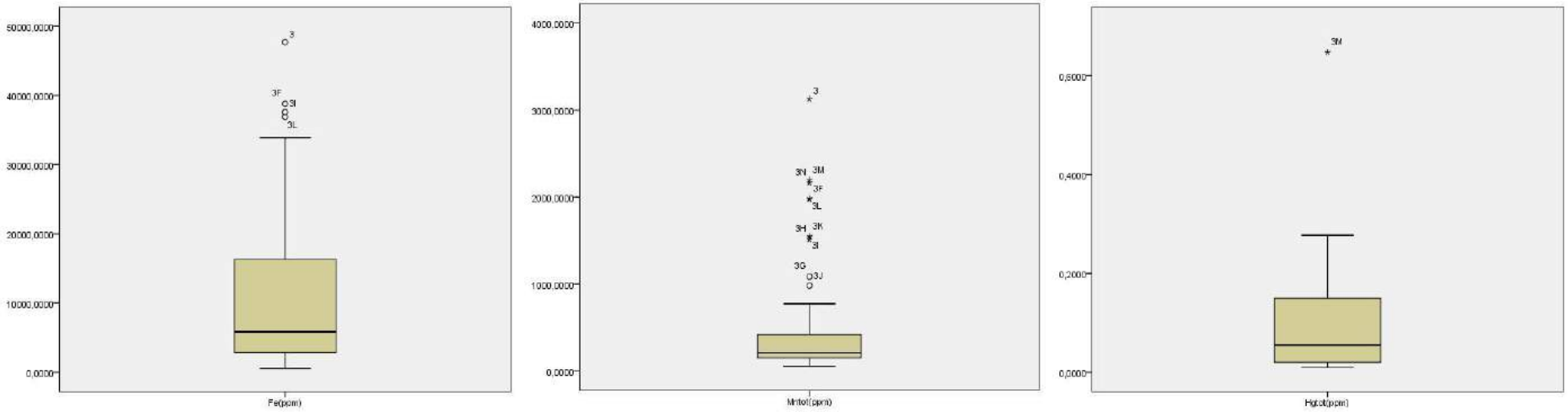
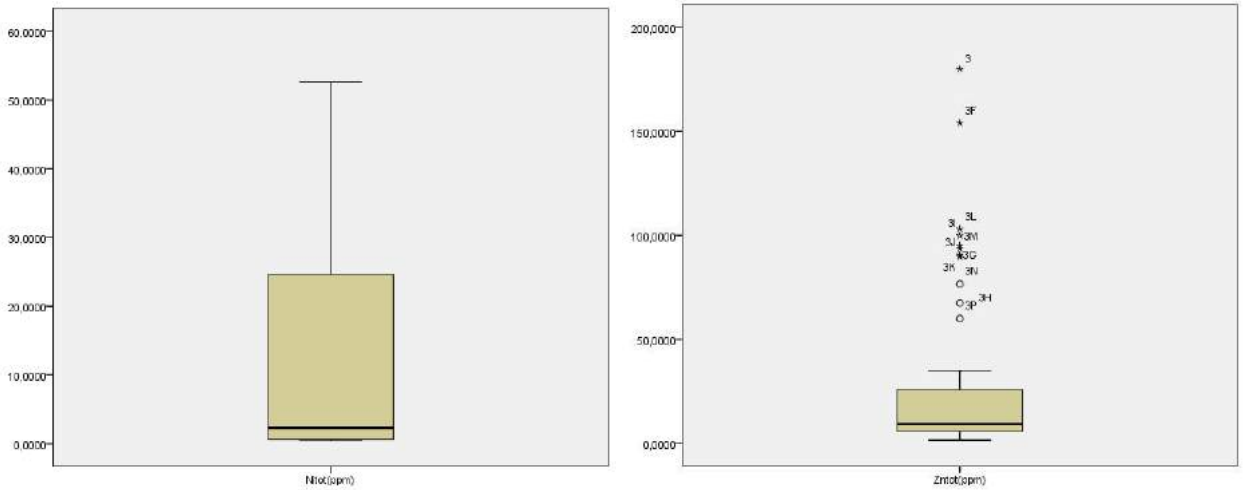


Figura 81 - Box Plot Ni e Zn na estação amostral 3, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023)



Quadro 117 - Estatística descritiva das Estações 4 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental. N=52

				Estatística Descritiva					
Estações 4	**N**	**Intervalo**	**Mínimo**	**Máximo**	**Média**	**Desv.Pad**	**Variância**	**Assimetria**	**Curtose**
E ate BH	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatística**	**Estatístico**	**Estatística**	**Estatística**	**Estatística**
Al (ppm)	52	66756,00	421,00	67177,00	14258,34	17367,57	301600000,00	1,58	1,76
Astot(ppm)	52	16,84	0,06	16,90	5,71	4,70	22,04	0,78	-0,15
Cdtot(ppm)	52	2,44	0,01	2,44	0,26	0,53	0,28	3,38	10,78
Pbtot(ppm)	52	97,30	0,10	97,40	11,24	16,42	269,76	3,51	15,24
Cutot(ppm)	52	30,11	0,29	30,40	7,53	7,59	57,64	1,20	0,54
Crtot(ppm)	52	66,35	0,85	67,20	15,37	13,80	190,31	1,54	2,76
Fe(ppm)	52	60610,00	2990,00	63600,00	19676,97	15595,32	243200000,00	1,07	0,28
Mntot(ppm)	52	2571,70	75,30	2647,00	519,21	566,84	321312,58	2,38	5,78
Hgtot(ppm)	52	0,60	0,01	0,61	0,09	0,10	0,01	2,80	11,17
Nitot(ppm)	52	85,55	1,15	86,70	17,08	20,24	409,48	1,53	2,06
Zntot(ppm)	52	226,70	10,30	237,00	52,52	50,16	2515,98	1,88	3,39
N válidos	52								

Figura 82 - Box Plot Al, As e Cd na estação amostral 4, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023)

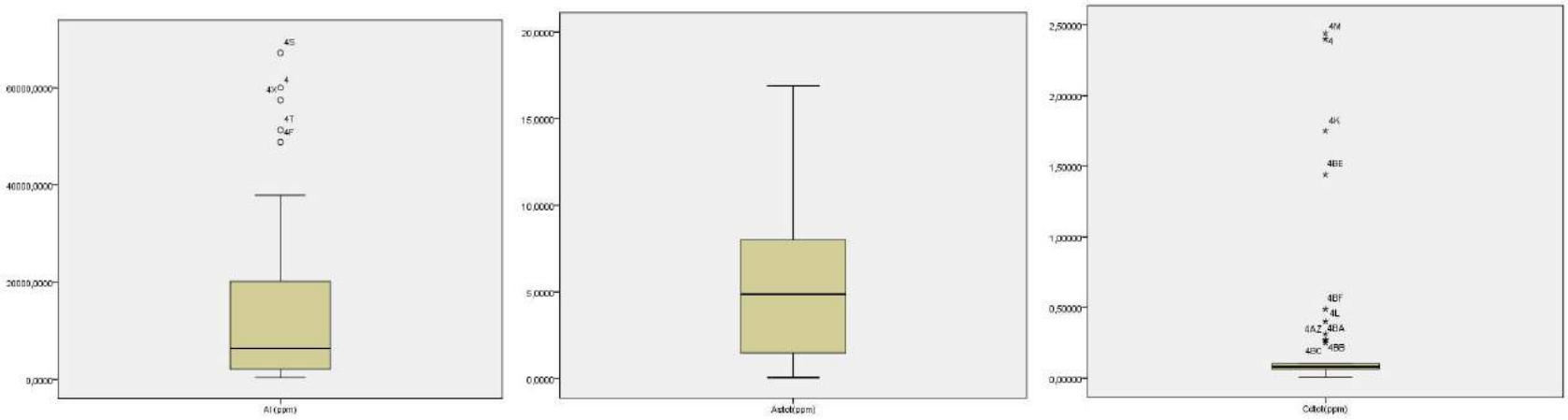


Figura 83 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 4, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023)

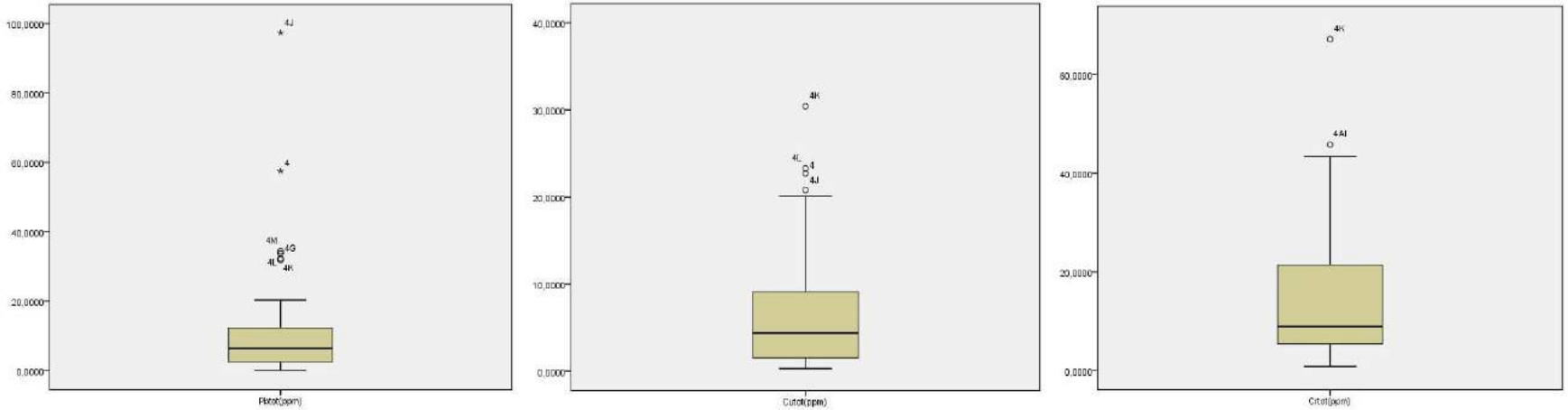


Figura 84 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 4, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023)

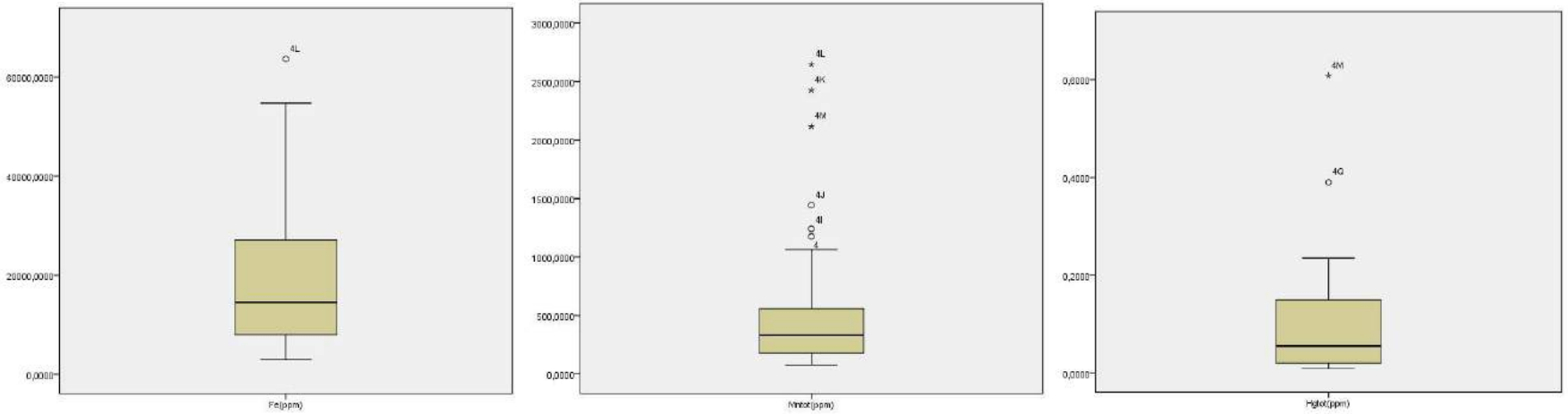
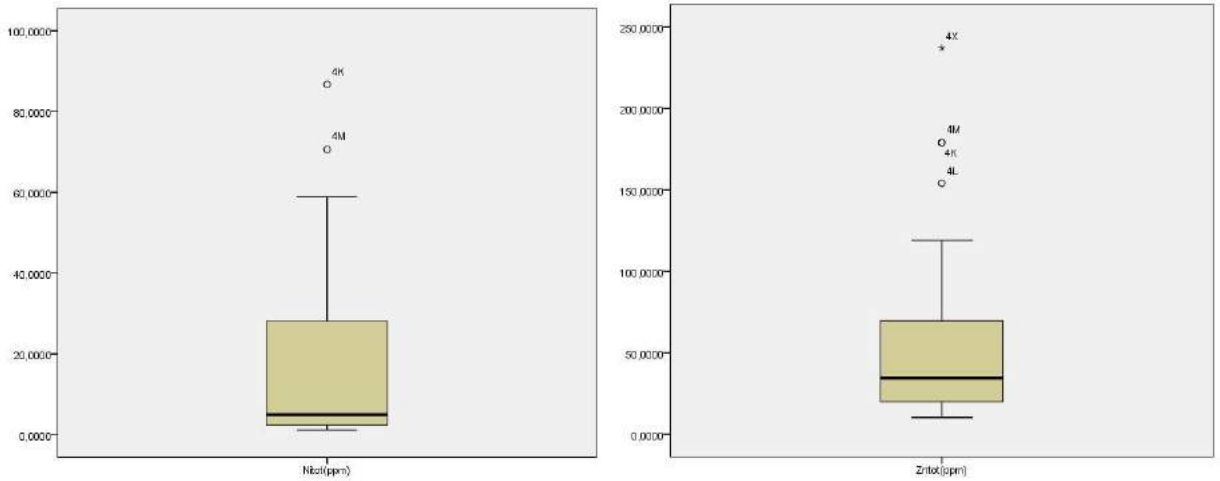


Figura 85 - Box Plot Ni e Zn na estação amostral 4, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023)



Quadro 118 - Estatística descritiva das Estações 5 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental. N=53

				Estatística Descritiva					
Estações 5	**N**	**Intervalo**	**Mínimo**	**Máximo**	**Média**	**Desv.Pad**	**Variância**	**Assimetria**	**Curtose**
E ate BH	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatística**	**Estatístico**	**Estatística**	**Estatística**	**Estatística**
Al (ppm)	53	75998,00	127,00	76125,00	16855,37	19312,21	373000000,00	1,58	2,23
Astot(ppm)	53	352,94	0,06	353,00	12,25	48,47	2349,17	6,96	49,57
Cdtot(ppm)	53	2,25	0,01	2,26	0,22	0,38	0,15	3,88	16,94
Pbtot(ppm)	53	97,20	0,10	97,30	14,19	18,93	358,39	2,90	10,13
Cutot(ppm)	53	24,33	0,28	24,60	8,23	6,91	47,72	0,49	-0,80
Crtot(ppm)	53	75,53	0,28	75,80	14,36	14,93	222,83	1,59	3,93
Fe(ppm)	53	38344,00	556,00	38900,00	13494,62	10262,75	105300000,00	0,36	-1,08
Mntot(ppm)	53	1233,05	21,95	1255,00	521,32	416,78	173704,75	0,23	-1,51
Hgtot(ppm)	53	0,38	0,01	0,39	0,10	0,08	0,01	1,16	1,49
Nitot(ppm)	53	45,65	0,55	46,20	13,11	13,27	176,09	0,80	-0,66
Zntot(ppm)	53	102,48	1,52	104,00	36,86	28,71	824,46	0,32	-1,27
N válidos	53								

Figura 86 - Box Plot Al, As e Cd na estação amostral 5, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).



Figura 87 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 5, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).

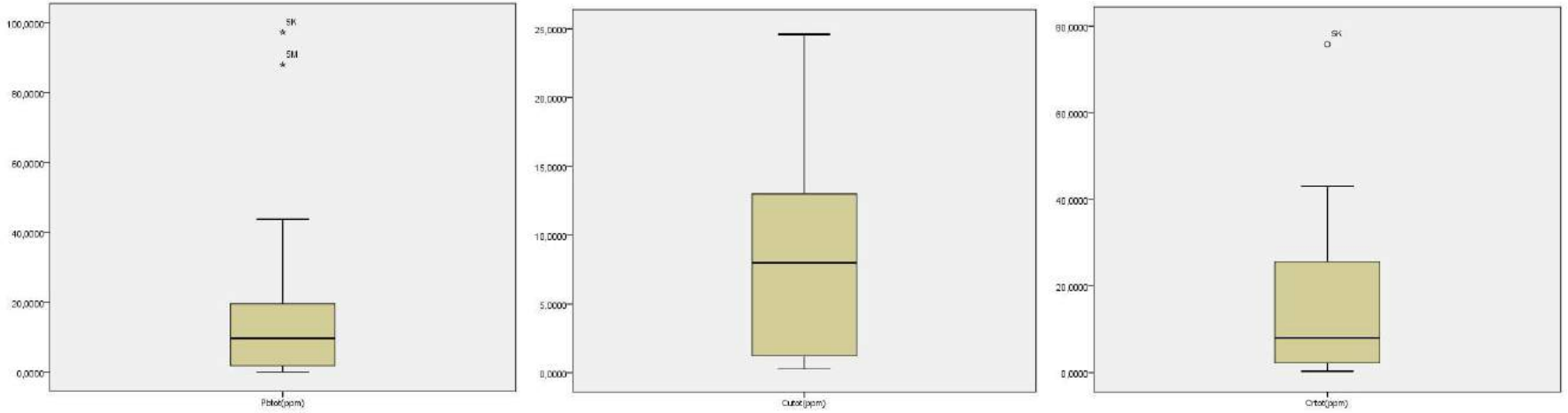


Figura 88 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 5, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023)

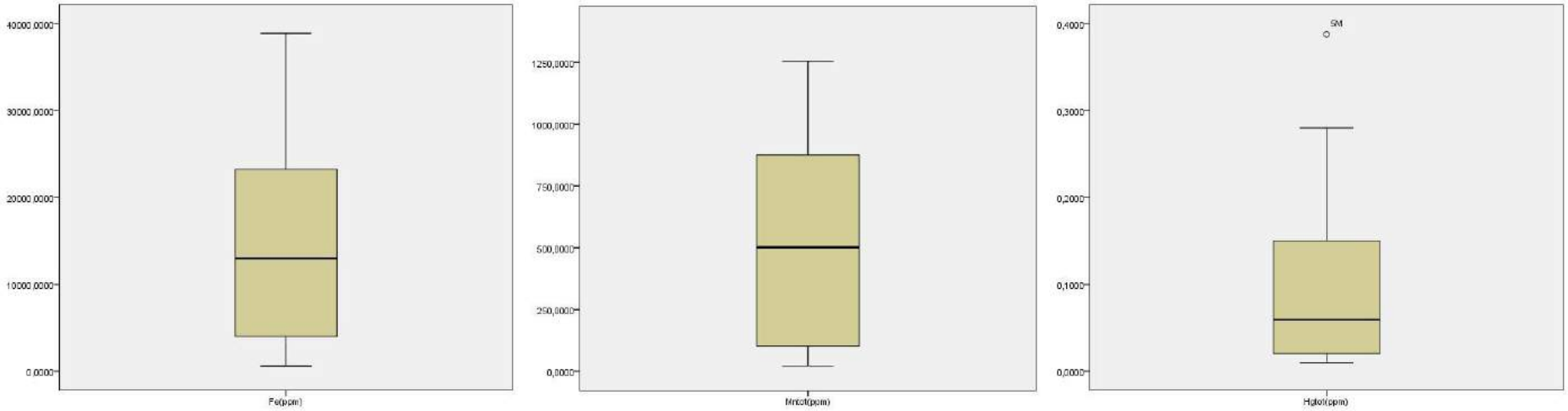


Figura 89 - Box Plot Ni e Zn na estação amostral 5, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).



Quadro 119 - Estatística descritiva das Estações 6 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental. N=54

				Estatística Descritiva					
Estações 6	**N**	**Intervalo**	**Mínimo**	**Máximo**	**Média**	**Desv.Pad**	**Variância**	**Assimetria**	**Curtose**
E ate BH	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatística**	**Estatístico**	**Estatística**	**Estatística**	**Estatística**
Al (ppm)	54	64304,12	115,88	64420,00	12087,93	15096,98	227900000,00	1,72	2,66
Astot(ppm)	54	19,03	0,07	19,10	7,10	5,22	27,29	0,55	-0,38
Cdtot(ppm)	54	3,08	0,01	3,09	0,22	0,48	0,23	4,97	26,88
Pbtot(ppm)	54	101,90	0,10	102,00	11,87	15,89	252,53	3,76	19,16
Cutot(ppm)	54	21,96	0,34	22,30	7,09	6,74	45,48	0,93	-0,37
Crtot(ppm)	54	79,80	0,60	80,40	12,93	14,58	212,68	2,32	7,44
Fe(ppm)	54	43128,90	1271,10	44400,00	15663,49	10573,45	111800000,00	0,71	-0,35
Mntot(ppm)	54	970,59	23,41	994,00	117,74	177,16	31385,75	4,09	17,48
Hgtot(ppm)	54	0,48	0,01	0,49	0,10	0,09	0,01	1,77	5,82
Nitot(ppm)	54	35,40	0,20	35,60	11,96	12,03	144,69	0,73	-1,01
Zntot(ppm)	54	72,91	3,09	76,00	22,26	18,91	357,60	1,57	1,46
N válidos	54								

Figura 90 - Box Plot Al, As e Cd na estação amostral 6, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023)

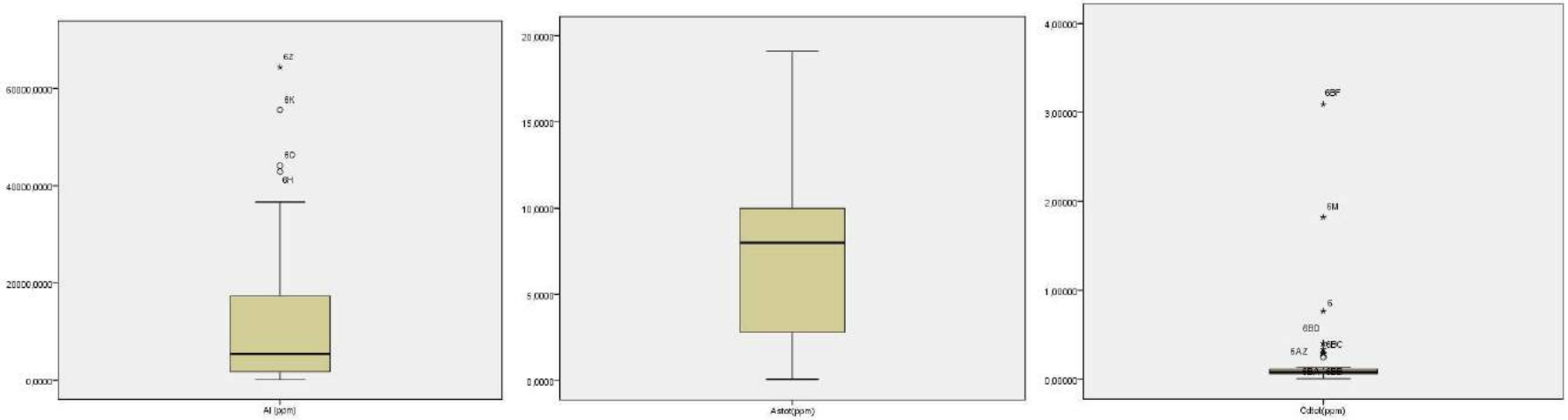


Figura 91 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 6, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).

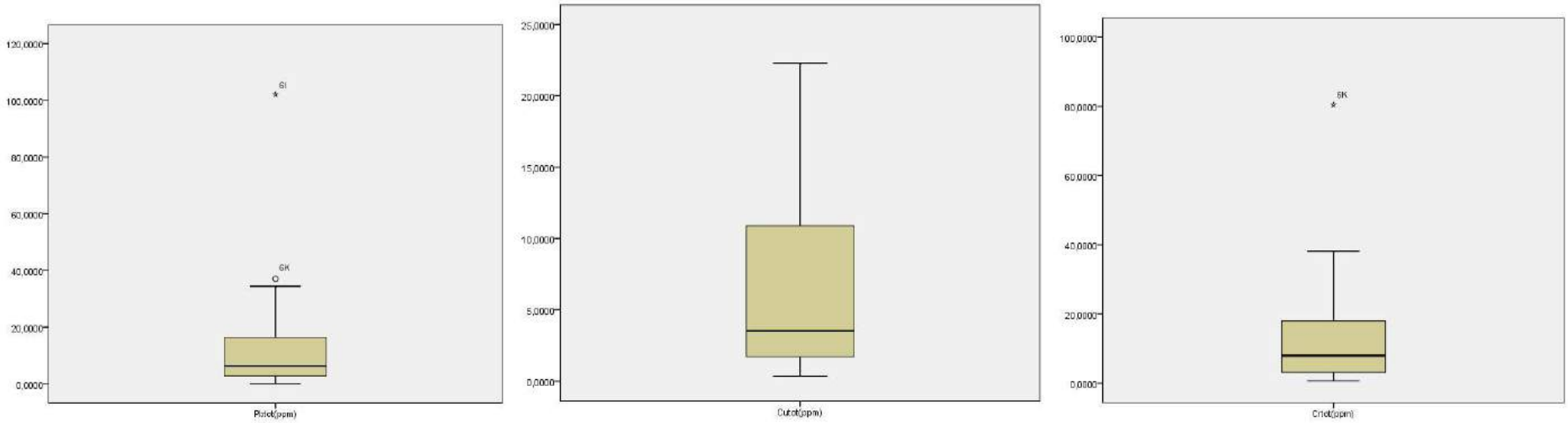


Figura 92 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 6, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).

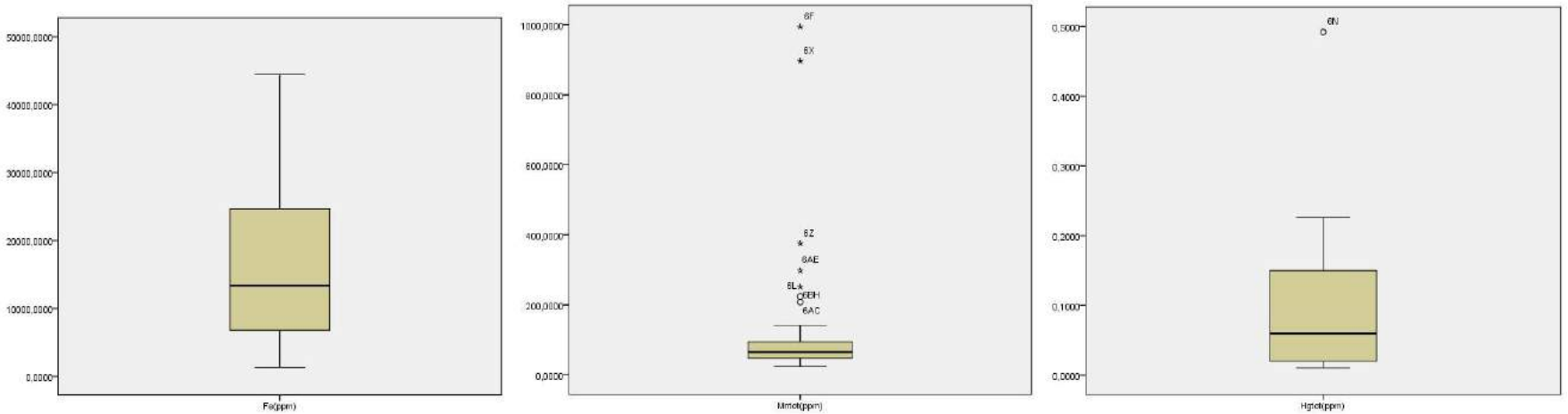
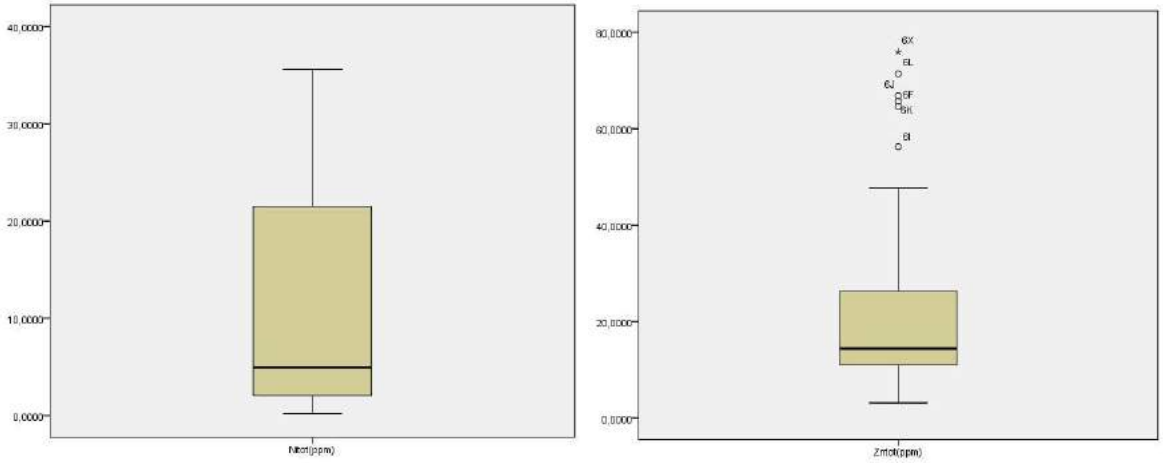


Figura 93 - Box Plot Ni e Zn na estação amostral 6, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).



Quadro 120 - Estatística descritiva das Estações 7 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental.

				Estatística Descritiva					
Estações 7	**N**	**Intervalo**	**Mínimo**	**Máximo**	**Média**	**Desv.Pad**	**Variância**	**Assimetria**	**Curtose**
E ate BH	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatística**	**Estatístico**	**Estatística**	**Estatística**	**Estatística**
Al (ppm)	53	85516,90	462,10	85979,00	19081,12	20499,56	420200000,00	1,42	1,48
Astot(ppm)	53	145,93	0,07	146,00	8,08	19,95	397,85	6,61	46,18
Cdtot(ppm)	53	3,79	0,01	3,80	0,24	0,54	0,29	5,88	38,43
Pbtot(ppm)	53	68,90	0,10	69,00	11,97	13,22	174,78	2,21	6,55
Cutot(ppm)	53	21,48	0,32	21,80	6,94	5,66	31,99	0,73	-0,19
Crtot(ppm)	53	84,57	0,33	84,90	10,99	13,21	174,61	3,62	18,38
Fe(ppm)	53	28193,14	1089,86	29283,00	11210,31	8916,54	79500000,00	0,79	-0,80
Mntot(ppm)	53	1648,25	58,75	1707,00	554,17	404,87	163923,46	1,19	0,45
Hgtot(ppm)	53	0,70	0,01	0,71	0,10	0,11	0,01	3,39	16,01
Nitot(ppm)	53	49,27	0,83	50,10	13,96	13,76	189,41	0,87	-0,46
Zntot(ppm)	53	90,12	1,08	91,20	31,36	26,07	679,59	0,93	-0,38
N Válidos	53								

Figura 94 - Box Plot Al, As e Cd na estação amostral 7, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).

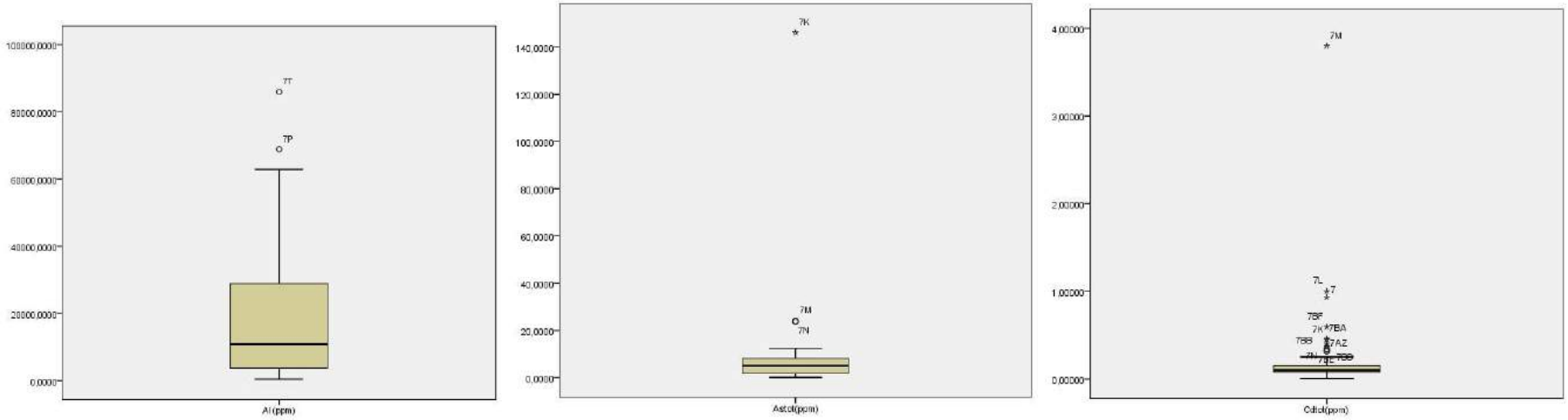


Figura 95 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 7, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).

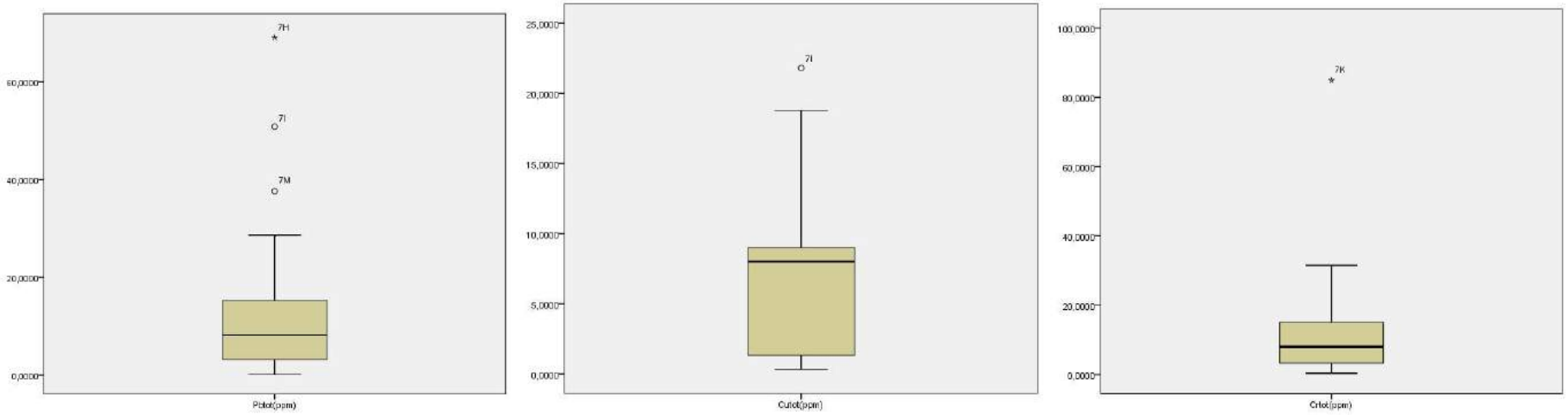


Figura 96 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 7, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).

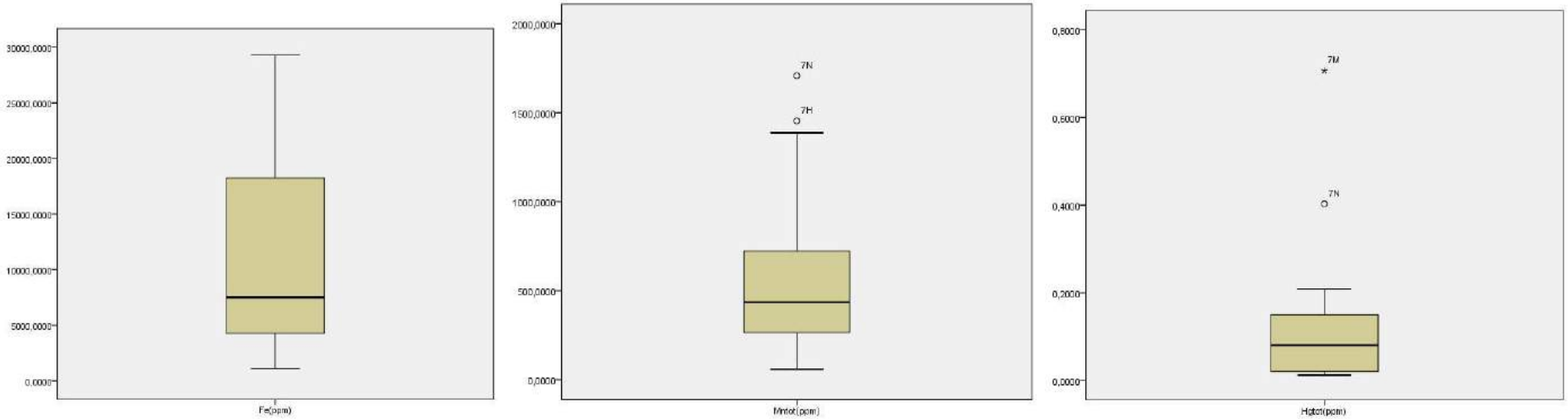
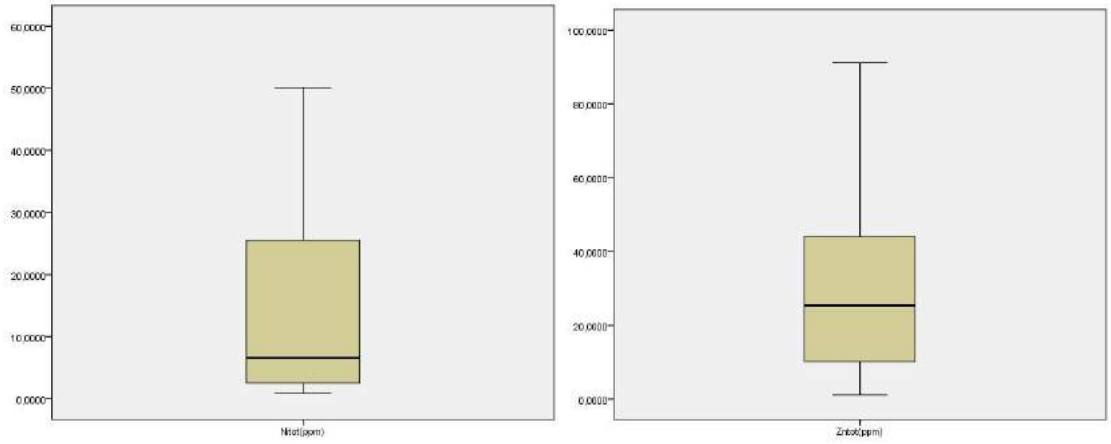


Figura 97 - Box Plot Ni e Zn na estação amostral 7, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).



Quadro 121 - Estatística descritiva das Estações 8 amostradas ao longo de todo o monitoramento ambiental. N=25

				Estatística Descritiva					
Estações 8	**N**	**Intervalo**	**Mínimo**	**Máximo**	**Média**	**Desv.Pad**	**Variância**	**Assimetria**	**Curtose**
E ate BH	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatístico**	**Estatística**	**Estatístico**	**Estatística**	**Estatística**	**Estatística**
Al (ppm)	25	33009,05	96,95	33106,00	5025,98	6414,03	41140000,00	3,72	16,34
Astot(ppm)	25	16,43	0,07	16,50	3,49	3,52	12,41	2,40	7,36
Cdtot(ppm)	25	1,77	0,01	1,78	0,25	0,40	0,16	2,95	9,13
Pbtot(ppm)	25	115,82	0,18	116,00	14,58	24,91	620,51	3,32	11,97
Cutot(ppm)	25	9,33	0,18	9,51	3,42	2,47	6,11	0,65	0,03
Crtot(ppm)	25	20,44	1,06	21,50	7,26	4,36	19,02	1,48	3,64
Fe(ppm)	25	32897,00	3216,00	36113,00	13156,76	8291,14	68740000,00	0,93	0,88
Mntot(ppm)	25	675,18	96,82	772,00	272,63	133,86	17918,58	2,28	7,68
Hgtot(ppm)	25	0,11	0,01	0,12	0,04	0,03	0,00	1,12	0,07
Nitot(ppm)	25	5,14	0,77	5,91	2,65	1,38	1,90	0,75	-0,26
Zntot(ppm)	25	134,57	20,00	154,57	55,62	32,28	1041,91	1,49	2,59
N Válidos	25								

Figura 98 - Box Plot Al, As e Cd na estação amostral 8, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).

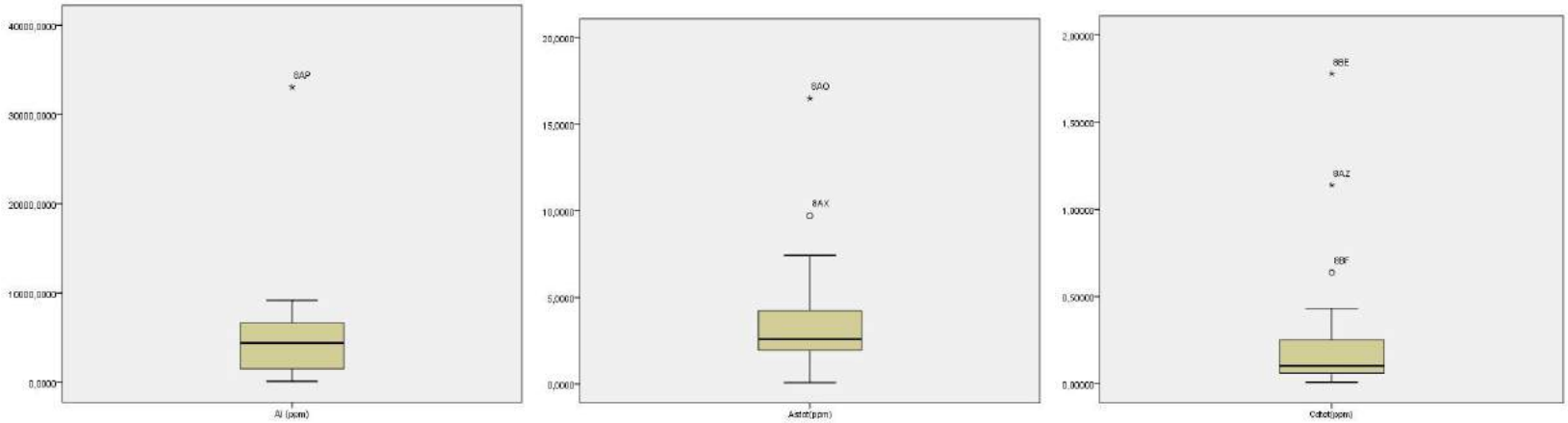


Figura 99 - Box Plot Pb, Cu e Cr na estação amostral 8, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).

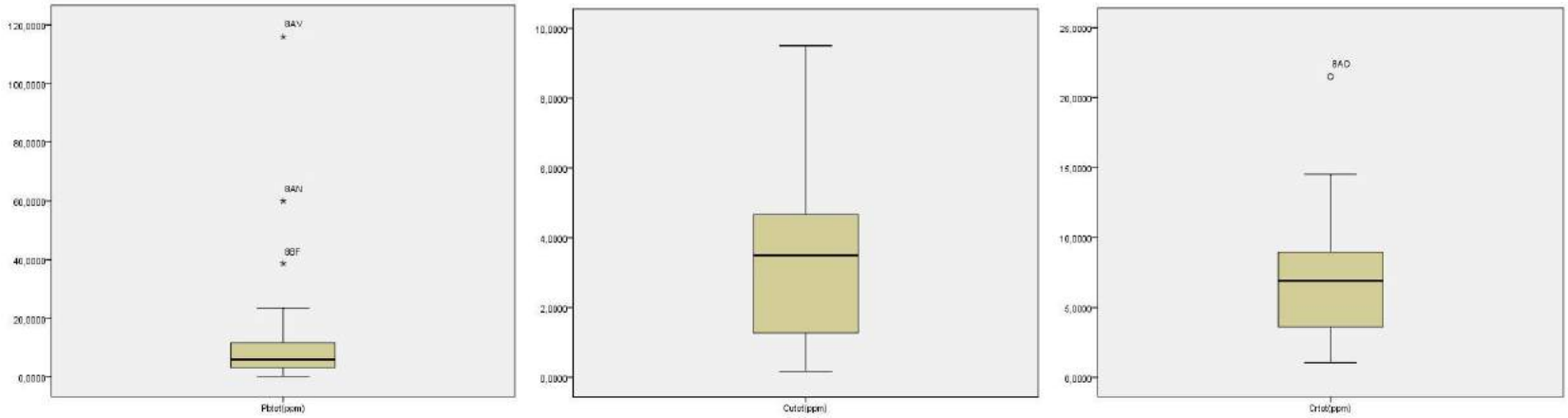


Figura 100 - Box Plot Fe, Mn e Hg na estação amostral 8, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).

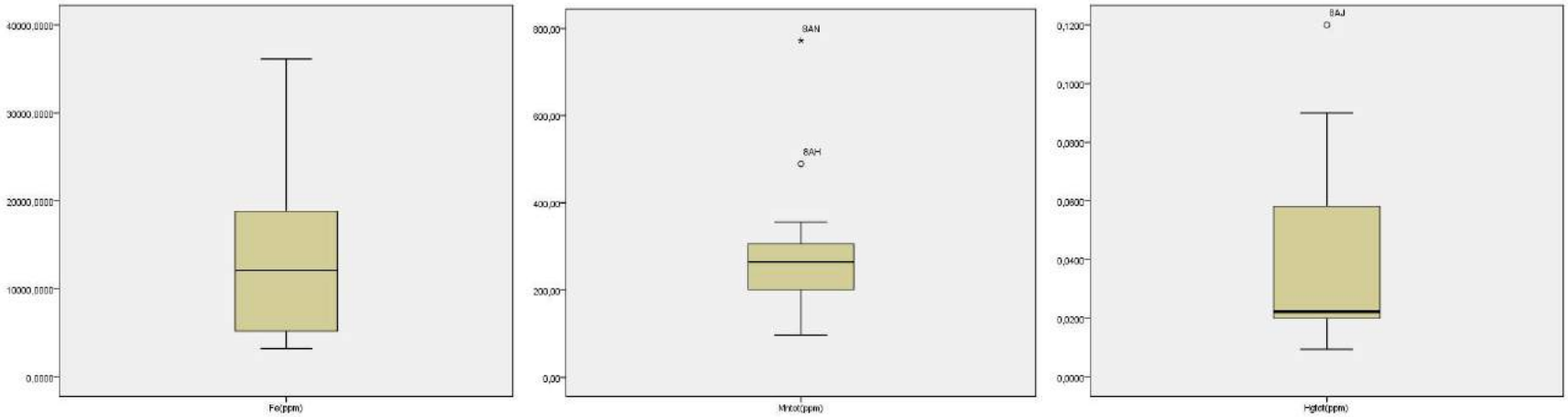
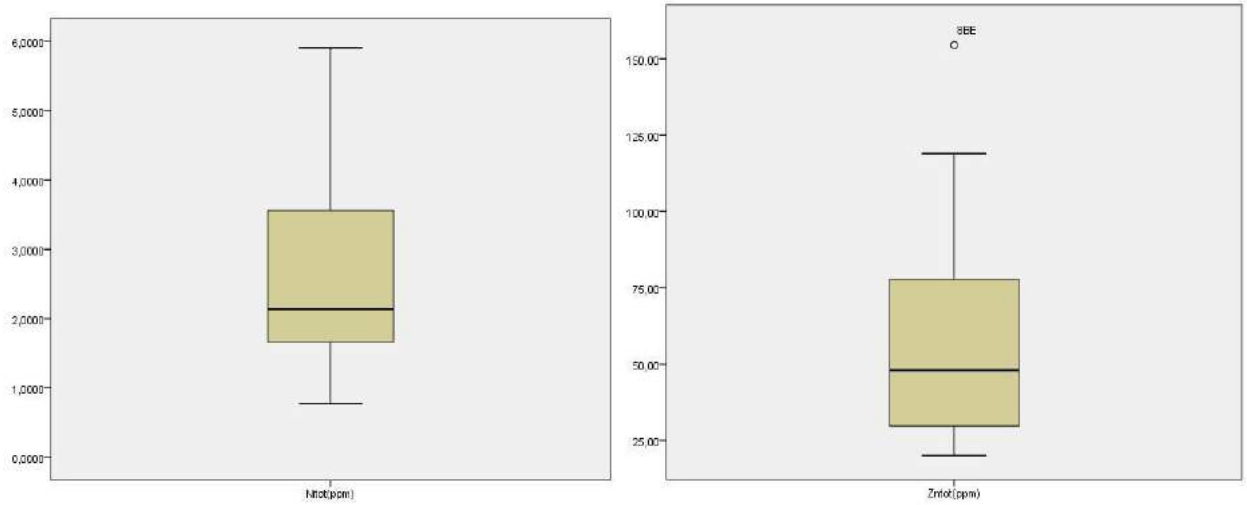


Figura 101 - Box Plot Ni e Zn na estação amostral 8, campanhas amostrais BE (2004) até BH (2023).



2.5.30. Análise estatística multivariada

A análise estatística multivariada, como a análise dos componentes principais (ACP ou PCA-Principal Component Analysis) e análise por agrupamento hierárquico (AAH ou HCA-Hierarchical Cluster Analyzes), foi aplicada para identificar a relação entre os parâmetros químicos na água e os sedimentos. Foi utilizado o Pacote estatístico do software de Ciências Sociais (Statistical Package for the Social Sciences), SPSS-18.

2.5.31. Análise de correlação

Quando medimos um conjunto de variáveis, as correlações entre os pares de variáveis podem ser organizadas em uma matriz de correlações (matriz-R), que é uma tabela de coeficientes de correlação.

Mensurar a "força" da associação entre as variáveis (geralmente através do cálculo de algum coeficiente).

É a medida estatística usada para avaliar se o valor de uma variável impacta no valor de outra variável, isto é, se existe um relacionamento linear entre ambas as variáveis.

A correlação varia de 0 a 1 (positivo ou negativo), sendo de:

0 a 0,3: correlação desprezível;

0,3 a 0,5: correlação fraca;

0,5 a 0,7: correlação moderada;

0,7 a 0,9: correlação forte;

0,9 a 1: correlação muito forte.

O valor de correlação pode ser positivo ou negativo.

Se for positivo, a correlação de uma variável x impacta diretamente na variável y.

Se negativo, uma variável impacta negativamente a outra.

O fato de existirem alguns coeficientes de correlação altos entre subconjuntos de variáveis sugere que elas podem estar medindo uma mesma dimensão subjacente, que é denominada como fator ou variável latente.

Figura 102 - Matriz de correlação de Spearman dos dados das campanhas BE (primavera de 2022), BF (verão de 2023), BG (outono de 2023) e BH (inverno de 2023), perfazendo um “n” de 32

Spearman's rho	Altot(ppm)	Astot(ppm)	Cdtot(ppm)	Pbtot(ppm)	Cutot(ppm)	Crtot(ppm)	Fetot(ppm)	Mntot(ppm)	Hgtot(ppm)	Nitot(ppm)	Zntot(ppm)
Altot(ppm)	1										
Astot(ppm)	-0,028	1									
Cdtot(ppm)	-0,083	,800**	1								
Pbtot(ppm)	0,314	0,256	-0,002	1							
Cutot(ppm)	-0,048	,494**	,363*	,351*	1						
Crtot(ppm)	0,052	,367*	0,273	0,097	,701**	1					
Fetot(ppm)	,699**	-0,071	-0,155	0,246	0,216	,514**	1				
Mntot(ppm)	,553**	-0,112	-0,271	0,111	-0,157	-0,057	0,337	1			
Hgtot(ppm)	0,195	,568**	,613**	,371*	,503**	0,23	0,118	-0,018	1		
Nitot(ppm)	0,223	,445*	0,275	,396*	,511**	,646**	,545**	0,154	,364*	1	
Zntot(ppm)	,571**	0,008	-0,076	0,311	0,175	,490**	,826**	,355*	0,141	,599**	1
n=32			**A correlação é significativa no nível 0,01 (bicaudal).								
			* A correlação é significativa no nível 0,05 (bicaudal).								

Figura 103 - Matriz de correlação de Spearman dos dados das campanhas E (2004) até BH (2023), perfazendo um “n” de 402

Spearman's rho	Altot(ppm)	Astot(ppm)	Cdtot(ppm)	Pbtot(ppm)	Cutot(ppm)	Crtot(ppm)	Fetot(ppm)	Mntot(ppm)	Hgtot(ppm)	Nitot(ppm)	Zntot(ppm)
Altot(ppm)	1										
Astot(ppm)	,685**	1									
Cdtot(ppm)	-0,061	,156**	1								
Pbtot(ppm)	,656**	,646**	,129**	1							
Cutot(ppm)	,765**	,701**	,148**	,744**	1						
Crtot(ppm)	,794**	,734**	0,056	,734**	,854**	1					
Fetot(ppm)	,746**	,665**	0,052	,698**	,750**	,893**	1				
Mntot(ppm)	,571**	,386**	0,057	,557**	,572**	,608**	,598**	1			
Hgtot(ppm)	,707**	,682**	0,026	,581**	,684**	,668**	,548**	,377**	1		
Nitot(ppm)	,786**	,717**	,102*	,708**	,862**	,854**	,757**	,596**	,732**	1	
Zntot(ppm)	,674**	,541**	0,092	,687**	,733**	,828**	,840**	,724**	,496**	,753**	1
n=402			**A correlação é significativa no nível 0,01 (bicaudal).								
			* A correlação é significativa no nível 0,05 (bicaudal).								

Salienta-se que embora uma relação significativa possa ser identificada por técnicas de análise de correlação, a correlação não implica causalidade.

A causa não pode ser determinada pela análise, nem esta conclusão deve ser tentada. A relação significativa implica que há mais para compreender e que existem fatores externos ou subjacentes que devem ser mais explorados para procurar uma causa. Embora seja possível que exista uma relação causal, seria negligente da parte de qualquer pesquisador usar os resultados da correlação como prova dessa existência.

2.5.32. Análise de agrupamento

A análise de clusters é uma técnica de interdependência, isto é, não existe uma variável independente ou dependente. Todas as variáveis se relacionam, positivamente ou negativamente, mas nenhuma delas possui relação de dependência com as outras.

Classifica as unidades amostrais e as variáveis com base num conjunto de características definidas.

Com este cálculo busca-se elevada homogeneidade interna nos grupos e elevada heterogeneidade externa entre os vários grupos. Também se busca o reconhecimento de padrões e a identificação das relações, isto é a estrutura dos dados e sua significação.

A finalidade é de reunir objetos, indivíduos, elementos, verificados nos grupos em que exista homogeneidade objetivando fazer classificações, propor classificações e suas classes.

Os indivíduos ou unidades amostrais de um grupo são relativamente semelhantes nos termos destas variáveis (contexto) que as caracterizam e diferentes de indivíduos de outros grupos. Objetiva-se, portanto, encontrar e separar indivíduos em grupos similares. Esta análise de agrupamentos estuda todo um conjunto de relações interdependentes.

Esta não distingue as variáveis dependentes de independentes. Isto é variável de causa e efeito como na regressão “dada uma amostra ou unidade amostral de “n” indivíduos cada uma delas medida ou caracterizada segundo “p” variáveis, procura-se um esquema de classificação que agrupe os indivíduos em grupos “g” com isto busca-se reunir indivíduos ou elementos verificados nos grupos em que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos, classificando este universo de estudo.

Portanto, os indivíduos que compõem um grupo são relativamente semelhantes nos termos destas variáveis e diferentes de indivíduos de outros grupos.

Quando utilizados desta forma a análise de agrupamento é o inverso da análise de fatores, pelo fato de reduzir o número de fatores e não o número de variáveis que caracterizam cada indivíduo.

Na análise fatorial as variáveis as variáveis é quem são reduzidas, o seu número, o agrupamento concentra as variáveis em um número menor de grupos.

Portanto a análise de agrupamento constitui metodologia numérica multivariada que tem como objetivo propor uma estrutura classificatória ou de reconhecimento da consistência de grupos objetivando mais especificamente dividir o conjunto de observações em um número de grupos homogêneos segundo alguns critérios de homogeneidade.

Constitui-se em um método simples, baseado, nos cálculos de distancias.

O resultado obtido é exposto no formato de dendograma ou de fenograma ou gráfico em arvore, representa uma síntese gráfica do estudo ou análise desenvolvida com

a informação original sintetizada, que irá ocasionar uma pequena perda de informação original.

Muito embora o método registre pequena perda da informação original é de extrema valia para classifica, comparar e discutir resultados de agrupamentos obtidos.

Duas formas existem de apresentar o dendrograma; Horizontal e Vertical.

No dendrograma horizontal as linhas verticais ou eixo Y, representam os grupos unidos por ordem decrescente de semelhança e a posição de reta na escala de eixo X indica as distancias entre grupos que foram formados e o dendrograma é lido de cima para baixo.

As variâncias de cima para baixo são as que possuem as maiores semelhanças no dendrograma uma vez que apresentam as menores distâncias euclidianas sendo que estes formam o primeiro grupo,

Logo em seguida vem as variâncias e assim por diante sucessivamente, as variáveis serão agrupadas por ordem decrescente de semelhança, isto é, a última variável do dendrograma que se manteve distinta dos demais grupos por possuir pouca semelhança em relação as outras.

Utilizou-se para tanto o método de Ward como medidas de distâncias. Este método preconiza que a distância entre dois grupos é a soma dos quadrados entre grupamentos realizado sobre todas as variáveis.

Utilizou-se o Método de Agrupamento Hierárquico de Ward.

O método hierárquico de Cluster, consiste em uma série de sucessivos agrupamentos ou sucessivas divisões de elementos, onde os elementos são agregados ou desagregados.

Os métodos hierárquicos são subdivididos em métodos aglomerativos e divisivos.

Os grupos, nos métodos hierárquicos, são geralmente representados por um diagrama bi-dimensional chamado de dendograma ou diagrama de árvore. Neste diagrama, cada ramo representa um elemento, enquanto a raiz representa o agrupamento de todos os elementos.

No método aglomerativo, cada elemento inicia-se representando um grupo, e a cada passo, um grupo ou elemento é ligado a outro de acordo com sua similaridade, até o último passo, onde é formado um grupo único com todos os elementos.

Existe uma variedade de métodos aglomerativo, que são caracterizados de acordo com o critério utilizado para definir as distâncias entre grupos. Entretanto, a maioria dos

métodos são basicamente formulações alternativas de três grandes conceitos de agrupamento aglomerativo (ANDERBERG, 1973):

1) Métodos de ligação “single linkage” (ligação simples), “complete linkage” (ligação completa), “average linkage” (ligação das médias), “median linkage” (ligação de medianas);

2) Método de centroide;

3) Métodos de minimização da soma de erros quadráticos ou variâncias (método de Ward).

Neste estudo será aplicado o método de agrupamento de Ward utilizando-se a distância euclidiana ao quadrado como medida de dissimilaridade.

Ward (1963) propõe um processo geral de classificação em que “n” elementos são progressivamente reunidos dentro de grupos através da minimização de uma função objetivo para cada (n -2) passos de fusão.

Inicialmente, este algoritmo admite que cada um dos elementos se constituía em um único agrupamento.

A cada passo do agrupamento dois grupos são unidos com base no valor da soma de quadrados dentro dos grupos.

Essa medida quantifica a variabilidade dos elementos alocados em um mesmo grupo em relação ao vetor de médias do grupo.

Cada grupo da partição tem a sua soma de quadrados e a adição das somas de quadrados de todos os grupos dá origem a soma de quadrados total dentro dos grupos da partição.

Para cada possibilidade de agrupamento é calculado a soma de quadrados total dentro dos grupos, sendo unidos os grupos que resultam no menor valor numérico dessa soma de quadrados. Dessa forma, o método de agrupamento busca a partição que minimiza a variabilidade dentro dos grupos formados, daí ser conhecido como método de mínima variância. Pode ser mostrado (Ward, 1963), que esse critério de agrupamento é equivalente ao agrupamento formado utilizando-se a distância definida abaixo na equação, para comparação dos conglomerados em cada passo do agrupamento, sendo unidos sempre os dois grupos que geram o menor valor numérico de

$$d(C_l, C_i) = \left[\frac{n_l n_i}{n_l + n_i}\right](\overline{X}_{l\,.} - \overline{X}_{i\,.})' \; (\overline{X}_{l\,.} - \overline{X}_{i\,.})$$

sendo:

ni o número de elementos no conglomerado Ci,

nl o número de elementos no conglomerado Cl,

o centróide do conglomerado Ci

o centróide do conglomerado Cl

Ci e Cl os conglomerados que estão sendo comparados.

O método de Ward é, portanto, um procedimento de agrupamento hierárquico no qual a medida de similaridade usada para juntar agrupamentos é calculada como a soma de quadrados entre os dois agrupamentos feita sobre todas as variáveis. Esse método tende a resultar em agrupamentos de tamanhos aproximadamente iguais devido a sua minimização de variação interna. Em cada estágio, combinam-se os dois agrupamentos que apresentarem menor aumento na soma global de quadrados dentro dos agrupamentos.

Figura 104: Dendrograma mostrando os agrupamentos obtidos pela análise classificatória de cluster das unidades amostrais, representadas pelas estações amostrais, recolhidas em; primavera de 2022, sufixo BE; verão de 2023, sufixo BF; outono de 2023, sufixo BG: e inverno de 2023, sufixo BH

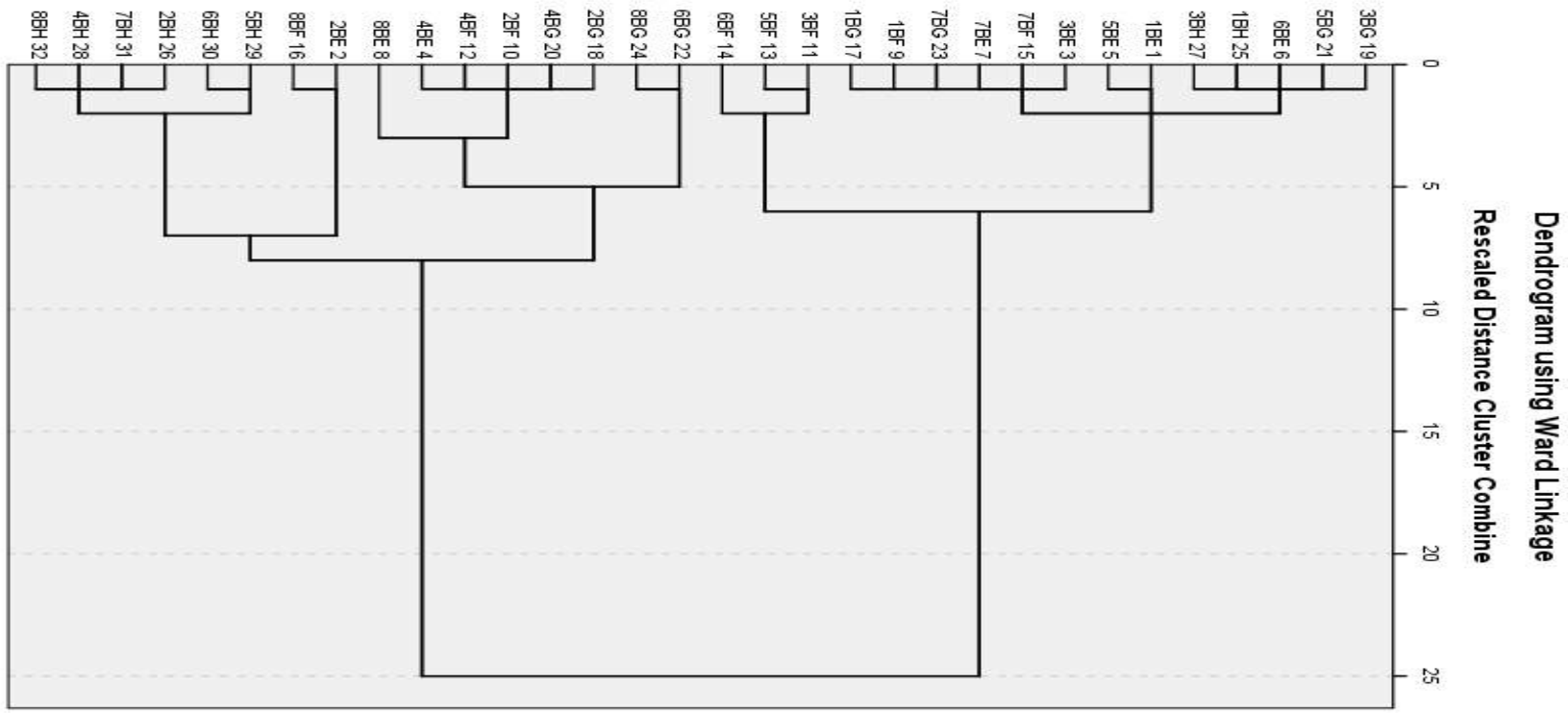
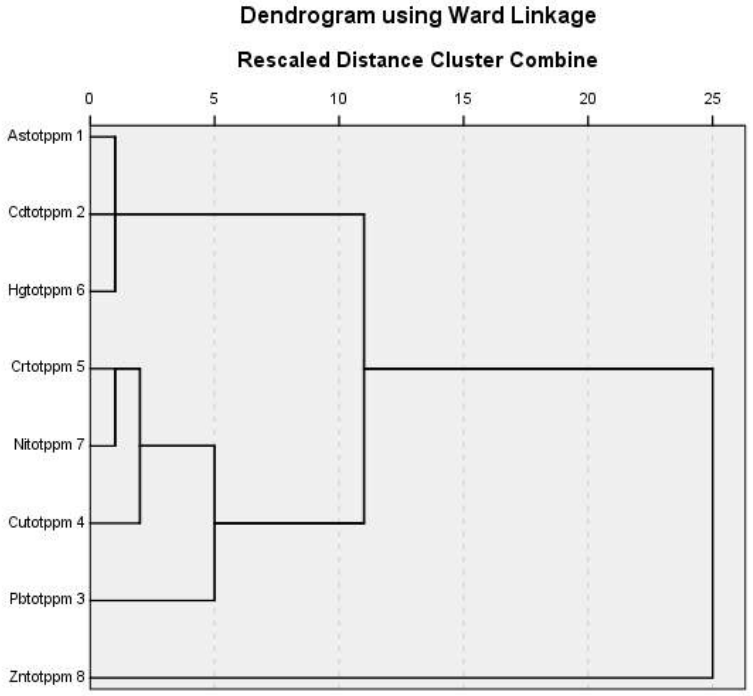
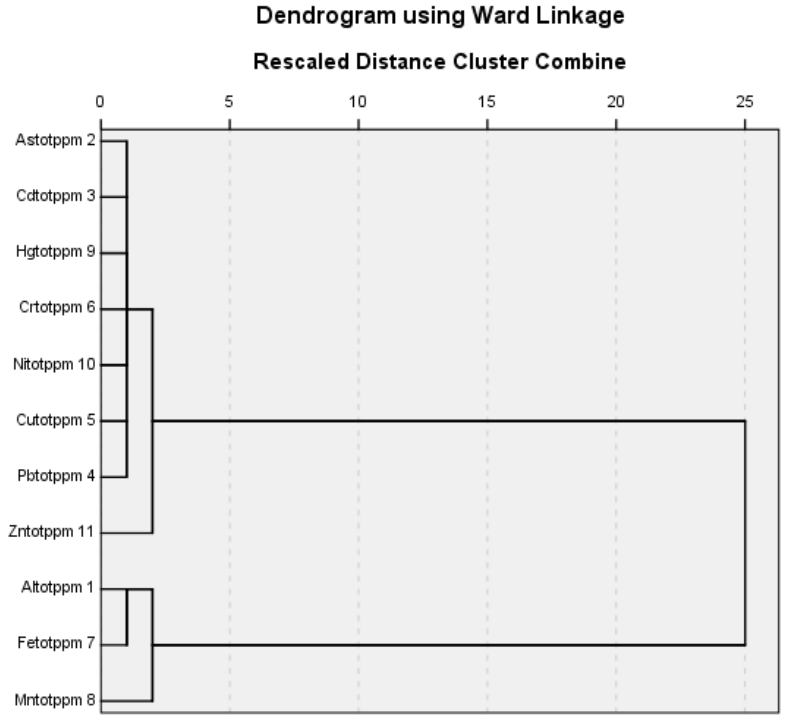


Figura 105: Dendrogramas mostrando o agrupamento dos metais do estudo com base nas concentrações dos metais determinados nas unidades amostrais recolhidas no período de primavera de 2022, sufixo BE; verão de 2023, sufixo BF; outono de 2023, sufixo BG: e inverno de 2023, sufixo BH. O primeiro dendrograma mostra os elementos químicos do estudo retirados aqueles que apresentaram as concentrações maiores e que naturalmente são mais elevadas no sistema ambiental. O segundo apresenta os elementos químicos do estudo em sua totalidade e de forma tendenciosa os elementos químicos com maiores concentrações influenciam na análise de agrupamentos.





Quadro 122: Análise descritiva da estação 1, local de referência desde 2004 a 2023

Estações 1	N	Range	Mínimo	Máximo	Média	Desvio	Variancia	Assimetria	Curtose
Elementos	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Al (ppm)	54	62670,00	211,00	62881,00	15063,70	17381,09	302100000,00	1,14	0,31
Astot(ppm)	54	344,94	0,06	345,00	11,64	46,66	2176,82	7,14	51,89
Cdtot(ppm)	54	2,74	0,01	2,75	0,33	0,64	0,42	2,66	6,05
Pbtot(ppm)	54	87,50	0,10	87,60	11,02	15,19	230,78	2,83	11,32
Cutot(ppm)	54	20,13	0,27	20,40	6,19	5,89	34,74	0,66	-0,71
Crtot(ppm)	54	72,38	0,32	72,70	9,83	12,61	159,03	2,72	10,64
Fe(ppm)	54	45475,00	925,00	46400,00	11580,20	11985,97	143700000,00	1,25	0,50
Mntot(ppm)	54	3450,90	29,10	3480,00	551,67	735,03	540261,83	2,12	4,72
Hgtot(ppm)	54	0,48	0,01	0,49	0,09	0,08	0,01	2,31	9,55
Nitot(ppm)	54	44,39	0,21	44,60	11,82	13,86	192,05	0,84	-0,72
Zntot(ppm)	54	138,95	0,95	139,90	25,77	33,83	1144,33	1,78	2,44

Figura 106: Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 1, local de referência 2004 a 2023.

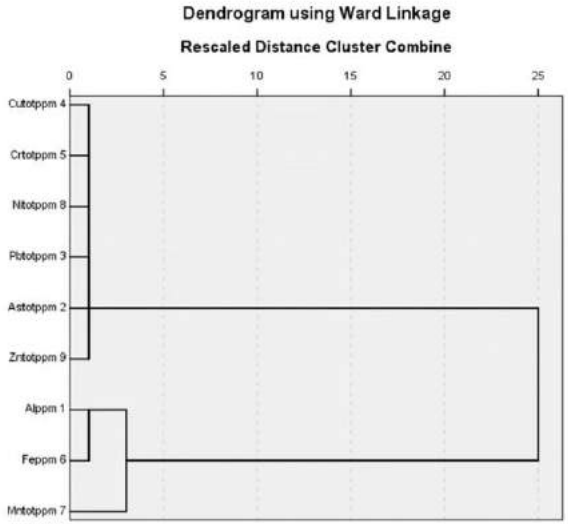
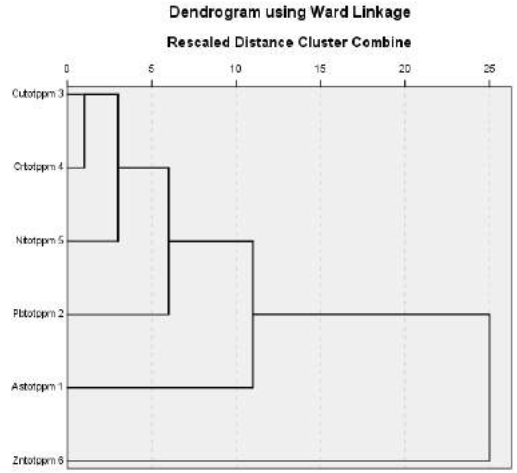


Figura 107: Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 1, local de referência 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes Fe, Al e Mn.



Quadro 123 - Análise descritiva da estação 2, metais totais 2004 a 2023.

Estações 2	N	Range	Mínimo	Máximo	Média	Desvio	Variancia	Assimetria	Curtose
Elementos	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Al (ppm)	53	78503,60	96,40	78600,00	17221,32	18001,82	324100000,00	1,52	2,05
Astot(ppm)	53	25,74	0,06	25,80	5,12	4,83	23,30	1,72	5,18
Cdtot(ppm)	53	2,61	0,01	2,62	0,25	0,51	0,26	3,84	15,01
Pbtot(ppm)	53	92,90	0,10	93,00	13,06	16,62	276,30	2,85	10,45
Cutot(ppm)	53	50,94	0,26	51,20	11,09	11,98	143,53	1,63	1,93
Crtot(ppm)	53	84,99	0,31	85,30	18,73	21,19	449,00	1,83	2,38
Fe(ppm)	53	113224,00	776,00	114000,00	19011,94	21416,24	458700000,00	2,24	6,42
Mntot(ppm)	53	4172,32	1,68	4174,00	604,95	864,35	747094,45	2,43	6,00
Hgtot(ppm)	53	0,52	0,00	0,52	0,10	0,10	0,01	2,09	6,67
Nitot(ppm)	53	79,78	0,52	80,30	18,59	20,99	440,50	1,35	0,78
Zntot(ppm)	53	237,97	3,03	241,00	46,23	53,32	2843,32	2,02	3,67
Valid N (listwise)	53								

Figura 108: Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 2, de 2004 a 2023.

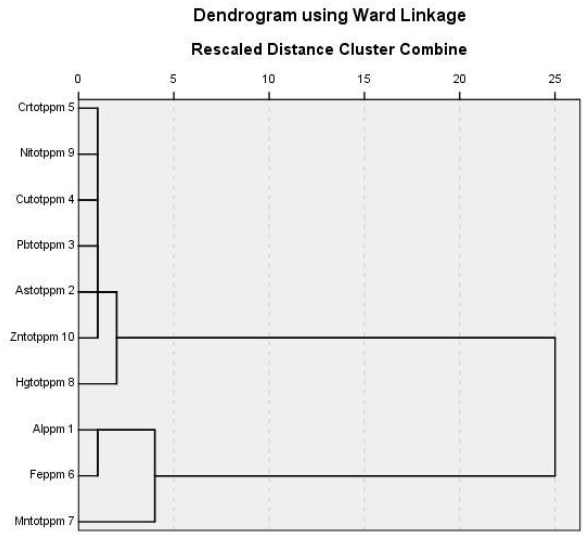
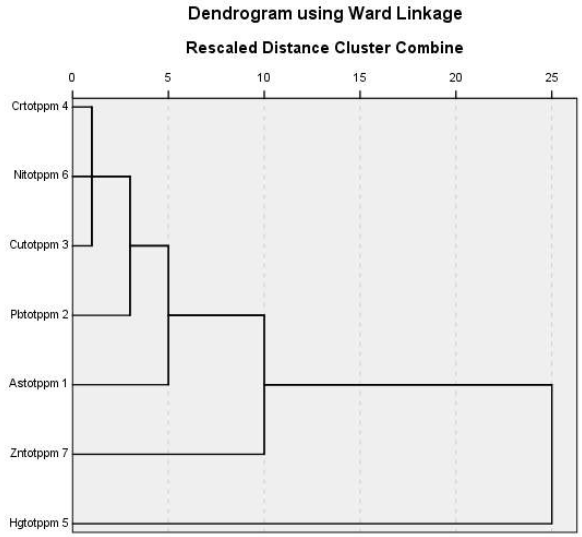


Figura 109 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 2, de 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes Fe, Al e Mn.



Quadro 124 - Análise descritiva da estação 3, metais totais 2004 a 2023.

Estações 3	N	Range	Mínimo	Máximo	Média	Desvio	Variancia	Assimetria	Curtose
Elementos	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Al (ppm)	54	101829,00	171,00	102000,00	17336,57	24781,45	614100000,00	1,98	3,55
Astot(ppm)	54	62,74	0,06	62,80	5,06	8,73	76,26	5,62	37,26
Cdtot(ppm)	54	3,54	0,01	3,55	0,27	0,60	0,37	4,07	18,02
Pbtot(ppm)	54	83,90	0,10	84,00	14,29	18,23	332,50	2,19	5,49
Cutot(ppm)	54	25,25	0,25	25,50	5,65	5,73	32,86	1,11	1,28
Crtot(ppm)	54	45,82	0,28	46,10	8,66	10,07	101,37	1,62	2,50
Fe(ppm)	54	47163,00	537,00	47700,00	11683,42	12683,54	160900000,00	1,30	0,39
Mntot(ppm)	54	3075,76	54,24	3130,00	512,40	687,55	472721,81	2,13	3,99
Hgtot(ppm)	54	0,64	0,01	0,65	0,09	0,10	0,01	3,09	14,72
Nitot(ppm)	54	52,23	0,38	52,60	12,14	14,53	211,26	0,98	-0,18
Zntot(ppm)	54	178,58	1,42	180,00	28,45	40,64	1651,75	2,07	3,92
Valid N (listwise)	54								

Figura 110 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 3, de 2004 a 2023.

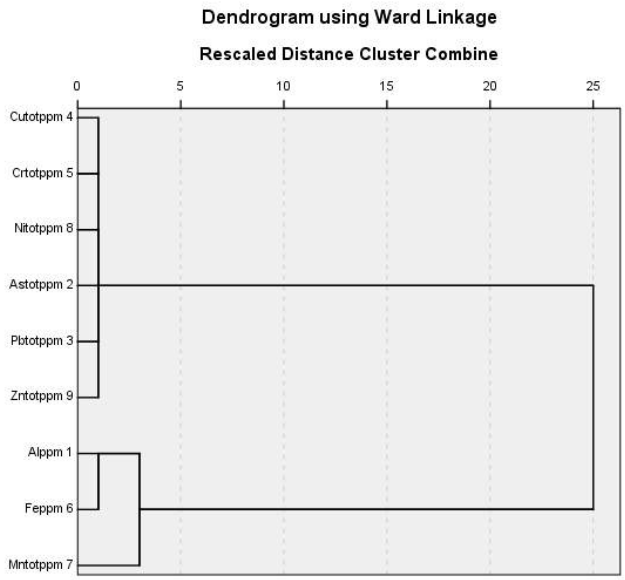
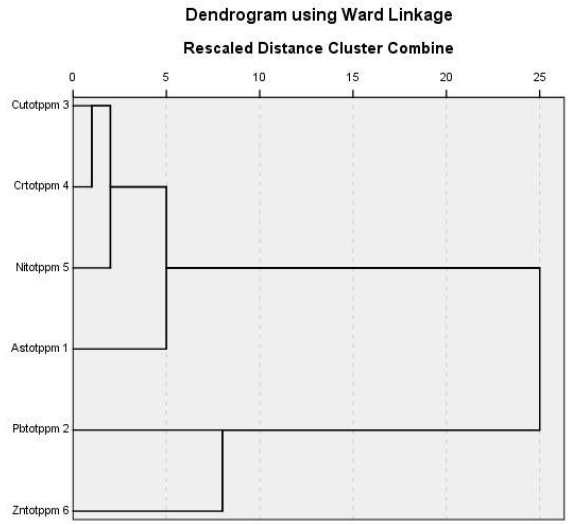


Figura 111 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 3, 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes Fe, Al e Mn.



Quadro 125 - Análise descritiva da estação 4, metais totais 2004 a 2023.

Estações 4	N	Range	Mínimo	Máximo	Média	Desvio	Variancia	Assimetria	Curtose
Elementos	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Al (ppm)	52	66756,00	421,00	67177,00	14258,34	17367,57	301600000,00	1,58	1,76
Astot(ppm)	52	16,84	0,06	16,90	5,71	4,70	22,04	0,78	-0,15
Cdtot(ppm)	52	2,44	0,01	2,44	0,26	0,53	0,28	3,38	10,78
Pbtot(ppm)	52	97,30	0,10	97,40	11,24	16,42	269,76	3,51	15,24
Cutot(ppm)	52	30,11	0,29	30,40	7,53	7,59	57,64	1,20	0,54
Crtot(ppm)	52	66,35	0,85	67,20	15,37	13,80	190,31	1,54	2,76
Fe(ppm)	52	60610,00	2990,00	63600,00	19676,97	15595,32	243200000,00	1,07	0,28
Mntot(ppm)	52	2571,70	75,30	2647,00	519,21	566,84	321312,58	2,38	5,78
Hgtot(ppm)	52	0,60	0,01	0,61	0,09	0,10	0,01	2,80	11,17
Nitot(ppm)	52	85,55	1,15	86,70	17,08	20,24	409,48	1,53	2,06
Zntot(ppm)	52	226,70	10,30	237,00	52,52	50,16	2515,98	1,88	3,39
Valid N (listwis	52								

Figura 112 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 4, de 2004 a 2023.

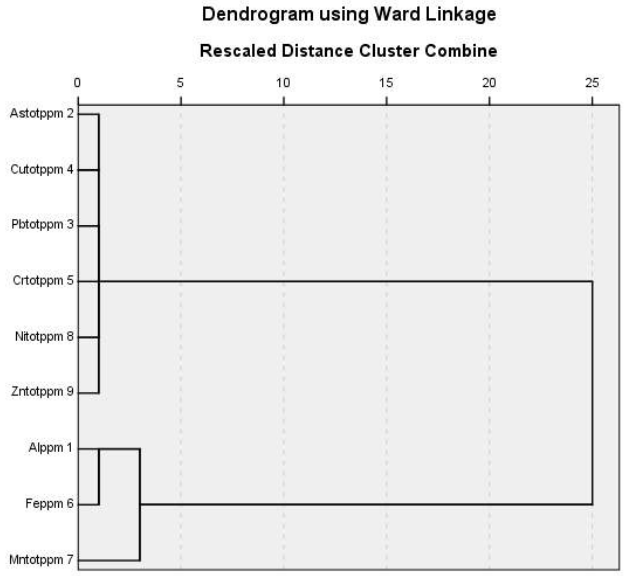
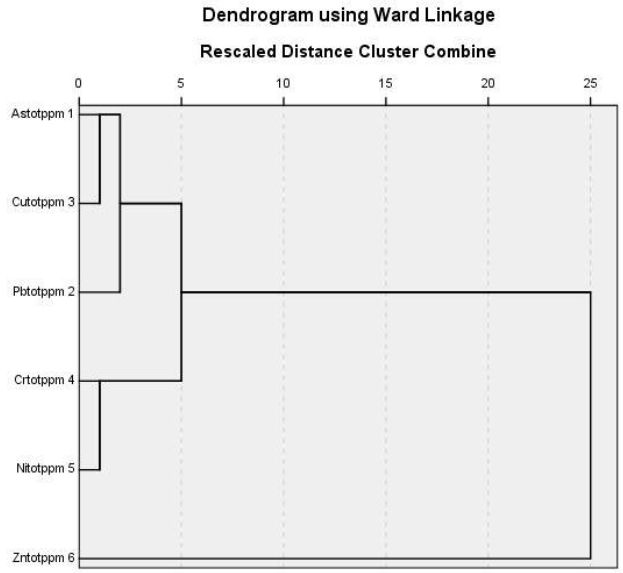


Figura 113 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 4, de 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes Fe, Al e Mn.



Quadro 126 - Análise descritiva da estação 5, metais totais 2004 a 2023.

Estações 5	N	Range	Mínimo	Máximo	Média	Desvio	Variancia	Assimetria	Curtose
Elementos	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Al (ppm)	53	75998,00	127,00	76125,00	16855,37	19312,21	373000000,00	1,58	2,23
Astot(ppm)	53	352,94	0,06	353,00	12,25	48,47	2349,17	6,96	49,57
Cdtot(ppm)	53	2,25	0,01	2,26	0,22	0,38	0,15	3,88	16,94
Pbtot(ppm)	53	97,20	0,10	97,30	14,19	18,93	358,39	2,90	10,13
Cutot(ppm)	53	24,33	0,28	24,60	8,23	6,91	47,72	0,49	-0,80
Crtot(ppm)	53	75,53	0,28	75,80	14,36	14,93	222,83	1,59	3,93
Fe(ppm)	53	38344,00	556,00	38900,00	13494,62	10262,75	105300000,00	0,36	-1,08
Mntot(ppm)	53	1233,05	21,95	1255,00	521,32	416,78	173704,75	0,23	-1,51
Hgtot(ppm)	53	0,38	0,01	0,39	0,10	0,08	0,01	1,16	1,49
Nitot(ppm)	53	45,65	0,55	46,20	13,11	13,27	176,09	0,80	-0,66
Zntot(ppm)	53	102,48	1,52	104,00	36,86	28,71	824,46	0,32	-1,27
Valid N (listwise)	53								

Figura 114 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 5, de 2004 a 2023.

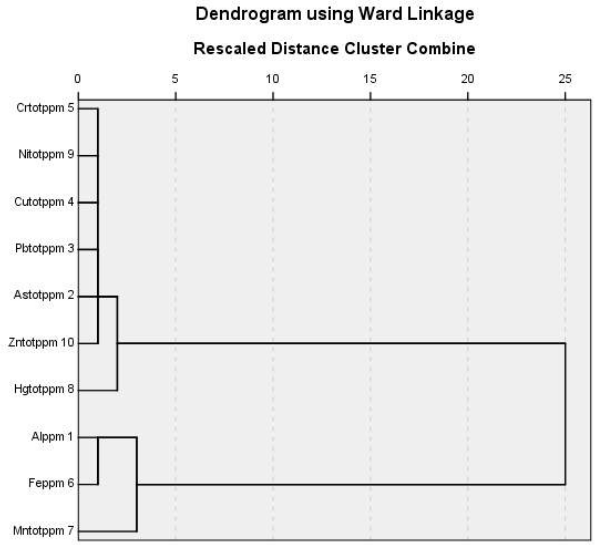
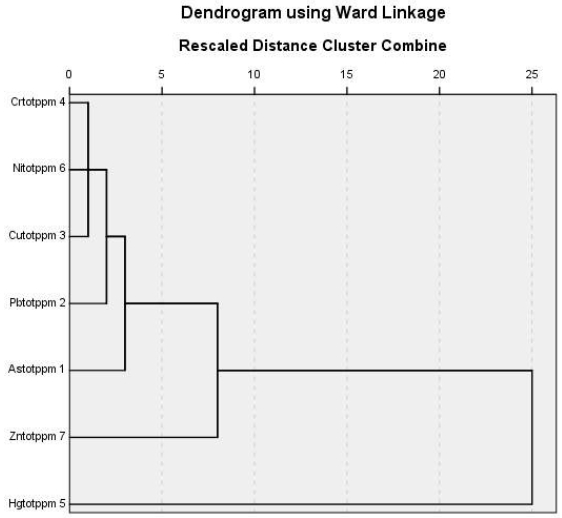


Figura 115 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 5, de 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes Fe, Al e Mn.



Quadro 127 - Análise descritiva da estação 6, metais totais 2004 a 2023

Estações 6	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio	Variancia	Assimetria	Curtose
Elementos	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Al (ppm)	54	64304,12	115,88	64420	1,21E+04	1,51E+04	2,28E+08	1,724	2,657
Astot(ppm)	54	19,0314	0,0686	19,1	7,099022	5,2239839	27,29	0,545	-0,376
Cdtot(ppm)	54	3,08314	0,00686	3,09	0,2190409	0,47859565	0,229	4,971	26,875
Pbtot(ppm)	54	101,9	0,1	102	11,866426	15,8911905	252,53	3,76	19,159
Cutot(ppm)	54	21,962	0,338	22,3	7,085944	6,7437413	45,478	0,925	-0,365
Crtot(ppm)	54	79,802	0,598	80,4	12,928963	14,5834155	212,676	2,315	7,442
Fe(ppm)	54	43128,9	1271,1	44400	1,57E+04	1,06E+04	1,12E+08	0,705	-0,349
Mntot(ppm)	54	970,59	23,41	994	117,738889	177,1602457	31385,753	4,091	17,481
Hgtot(ppm)	54	0,4819	0,0101	0,492	0,096469	0,0887169	0,008	1,768	5,823
Nitot(ppm)	54	35,4	0,2	35,6	11,964352	12,0286763	144,689	0,733	-1,007
Zntot(ppm)	54	72,91	3,09	76	22,262407	18,91035	357,601	1,568	1,455
Valid N (listwise)	54								

Figura 116 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 6, de 2004 a 2023.

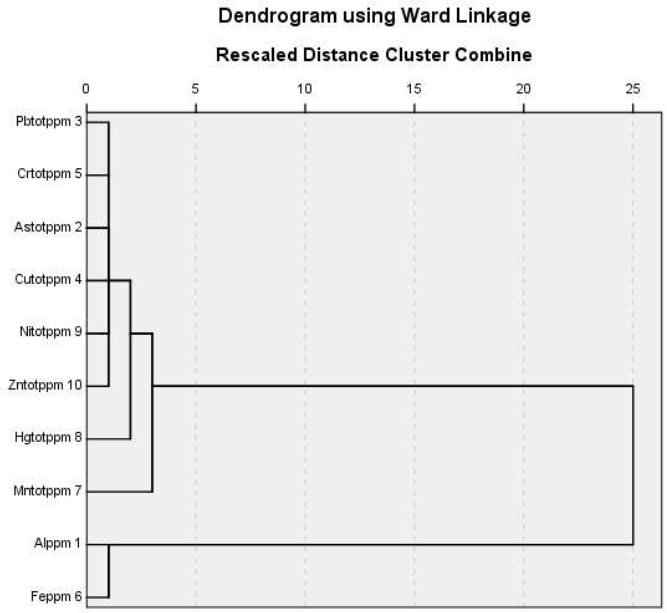
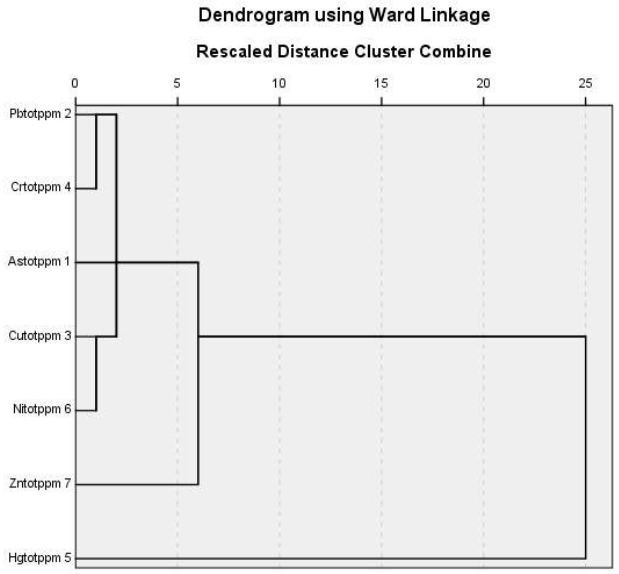


Figura 117 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 6, de 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes Fe, Al e Mn.



Quadro 128 - Análise descritiva da estação 7, metais totais 2004 a 2023.

Estações 7	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio	Variancia	Assimetria	Curtose
Elementos	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Al (ppm)	53	85516,9	462,1	85979	1,91E+04	2,05E+04	4,20E+08	1,416	1,478
Astot(ppm)	53	145,9333	0,0667	146	8,080691	19,9462256	397,852	6,608	46,181
Cdtot(ppm)	53	3,79333	0,00667	3,8	0,239686	0,53780425	0,289	5,884	38,432
Pbtot(ppm)	53	68,9	0,1	69	11,968094	13,2204472	174,78	2,209	6,551
Cutot(ppm)	53	21,478	0,322	21,8	6,942792	5,6555868	31,986	0,729	-0,185
Crtot(ppm)	53	84,566	0,334	84,9	10,989566	13,2140068	174,61	3,618	18,379
Fe(ppm)	53	28193,14	1089,86	29283	1,12E+04	8,92E+03	7,95E+07	0,794	-0,804
Mntot(ppm)	53	1648,25	58,75	1707	554,166415	404,8746164	163923,455	1,185	0,449
Hgtot(ppm)	53	0,695	0,012	0,707	0,09914	0,113242	0,013	3,389	16,007
Nitot(ppm)	53	49,274	0,826	50,1	13,962019	13,7627928	189,414	0,871	-0,463
Zntot(ppm)	53	90,12	1,08	91,2	31,359434	26,0689435	679,59	0,933	-0,378
Valid N (listwise)	53								

Figura 118 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 7, de 2004 a 2023. N=53

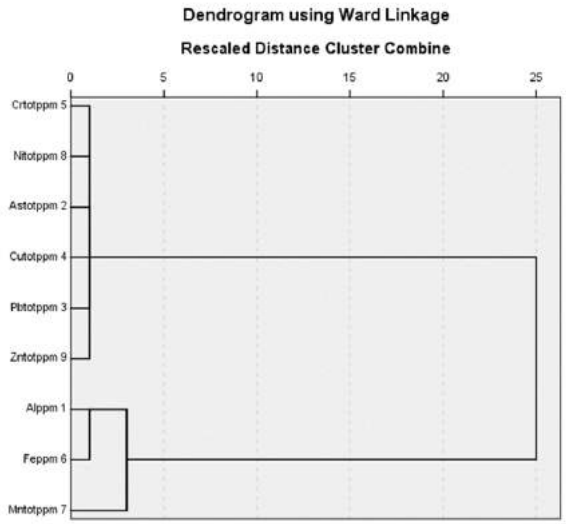
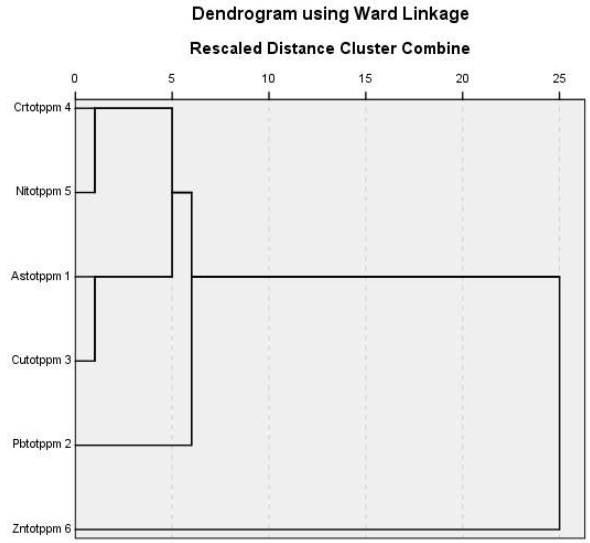


Figura 119 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 7 de 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes A, Fe e Mn. N=53



Quadro 129 - Análise descritiva da estação 8, metais totais 2004 a 2023.

				Estatística Descritiva					
Estações 8	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desv.Pad	Variância	Assimetria	Curtose
E ate BH	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Al (ppm)	25	33009,05	96,95	33106,00	5025,98	6414,03	41140000,00	3,72	16,34
Astot(ppm)	25	16,43	0,07	16,50	3,49	3,52	12,41	2,40	7,36
Cdtot(ppm)	25	1,77	0,01	1,78	0,25	0,40	0,16	2,95	9,13
Pbtot(ppm)	25	115,82	0,18	116,00	14,58	24,91	620,51	3,32	11,97
Cutot(ppm)	25	9,33	0,18	9,51	3,42	2,47	6,11	0,65	0,03
Crtot(ppm)	25	20,44	1,06	21,50	7,26	4,36	19,02	1,48	3,64
Fe(ppm)	25	32897,00	3216,00	36113,00	13156,76	8291,14	68740000,00	0,93	0,88
Mntot(ppm)	25	675,18	96,82	772,00	272,63	133,86	17918,58	2,28	7,68
Hgtot(ppm)	25	0,11	0,01	0,12	0,04	0,03	0,00	1,12	0,07
Nitot(ppm)	25	5,14	0,77	5,91	2,65	1,38	1,90	0,75	-0,26
Zntot(ppm)	25	134,57	20,00	154,57	55,62	32,28	1041,91	1,49	2,59
N Válidos	25								

Figura 120 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 8, de 2004 a 2023. N=25.

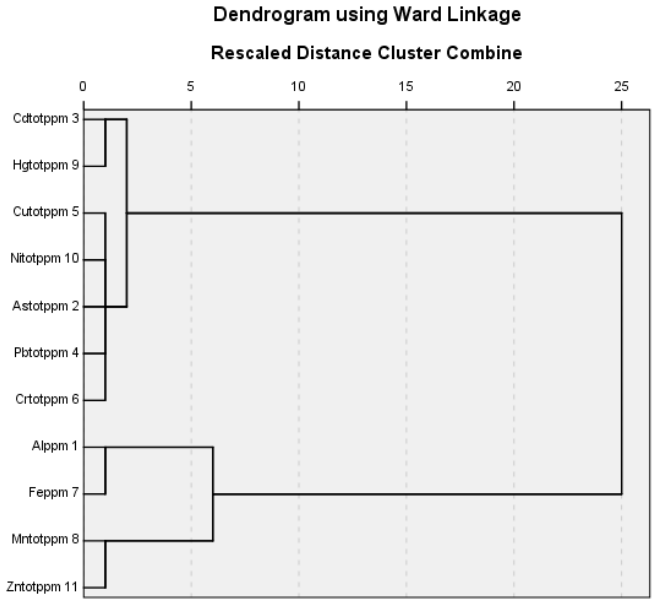
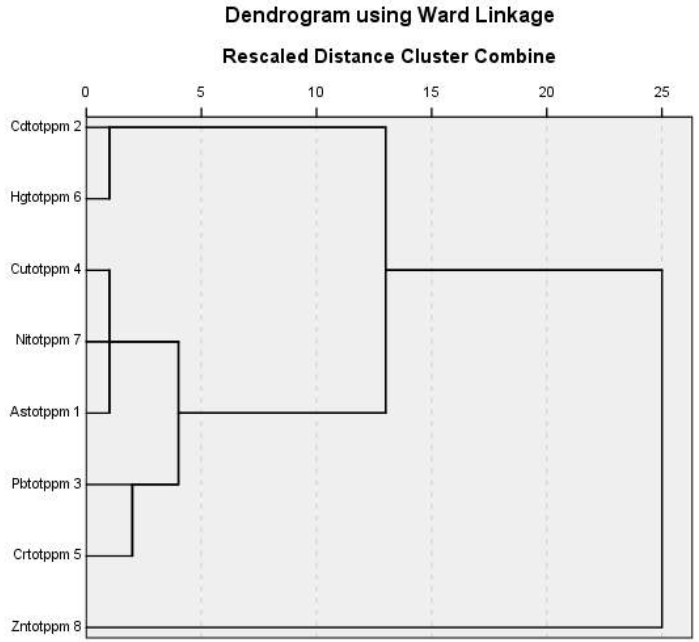


Figura 121 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais, para a estação 8, de 2004 a 2023, retirados os metais mais abundantes Fe, Al e Mn.



2.5.33. Análise dos componentes principais (PCA) dos dados dos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do Arroio Candiota

Durante os processos de PCA, buscou-se maximizar a variância de uma combinação linear do conjunto de dados das variáveis.

Os valores dos componentes principais foram calculados pelos teores de metais pesados nos sedimentos e os níveis de contaminação de metais nos sedimentos superficiais de fundo podem ser avaliados pela soma dos pesos dos diferentes valores dos componentes principais.

Para avaliar os níveis de poluição dos sedimentos por metais através do PCA, análise dos principais componentes do conjunto de dados deve ser identificada primeiro. Os componentes principais, que contêm a maior parte das informações dos índices avaliados, podem apresentar corretamente os níveis de contaminação de metais pesados nos sedimentos. Durante os processos de PCA, buscou-se maximizar a variância de uma combinação linear do conjunto de dados das variáveis.

Os teores de metais, Al, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Fe, Hg, Mn, Zn, Ni, foram utilizados no PCA, inicialmente as quatro campanhas amostrais do período Primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023, e buscou-se a determinação dos níveis de contaminação do sedimento por PCA.

Definiu-se a matriz X apresentando o conjunto de dados de teores de metais em amostras dos sedimentos,

X = (Ci,j),

onde

C é a concentração de metais nos sedimentos, e

i são os diferentes metais i (Al, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Fe, Hg, Mn, Zn, Ni);

j são os números de amostra, j (1, 2, 3,4 ,5 ,6 ,7 e 8)

Considerando que as técnicas multivariadas como a Análise Fatorial pode auxiliar na redução da dimensão dos dados, pois é possível agrupar variáveis mais correlacionadas, fazendo com que a perda das informações seja a menor possível.

Quadro 130 - Estatística descritiva do ano amostral 2022-23(primavera de 2022 e verão, outono e inverno de 2022

EstatisticaDescritiva 2022-23	N Estatístico	Intervalo Estatístico	Mínimo Estatístico	Máximo Estatístico	Média Estatística	Desvio Estatístico	Variancia Estatística	Assimetria Estatística	Curtose Estatística
Altot(ppm)	32	3501,13	96,95	3598,08	981,78	769,99	592889,72	1,52	2,89
Astot(ppm)	32	3,03	0,06	3,09	0,50	0,74	0,54	2,50	6,24
Cdtot(ppm)	32	3,09	0,01	3,09	0,43	0,68	0,46	2,47	7,03
Pbtot(ppm)	32	38,57	0,18	38,75	4,03	8,74	76,40	3,52	11,95
Cutot(ppm)	32	8,86	0,18	9,04	1,46	1,71	2,92	3,12	12,43
Crtot(ppm)	32	9,41	0,29	9,70	2,31	2,43	5,89	1,59	1,87
Fetot(ppm)	32	8481,33	781,36	9262,69	3116,11	2022,98	4092437,06	1,20	1,39
Mntot(ppm)	32	604,62	21,95	626,57	165,48	121,51	14765,04	1,93	5,70
Hgtot(ppm)	32	0,02	0,01	0,04	0,02	0,01	0,00	0,86	-0,99
Nitot(ppm)	32	5,66	0,53	6,19	2,44	1,96	3,83	0,82	-0,85
Zntot(ppm)	32	153,62	0,95	154,57	16,84	29,04	843,20	3,74	16,70
Valid N (listwise)	32								

A análise de componentes principais (AF-PCA) tem como suposição de que a variância é comum, portanto, antes da extração o valor da “communalities” é 1 para todos os valores.

Ao iniciar a análise de PCA, foi executado o teste de adequabilidade KMO e o teste de Bartlett, e verificou-se serem os dados compatíveis com este tipo de teste,Quadro 131.

Medida de adequacidade da amostra de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) foi o índice usado para avaliar a adequacidade da análise fatorial, componentes principais. Valores altos (entre 0,5 e 1,0) indicam que a análise fatorial é apropriada. Valores abaixo de 0,5 indicam que a análise fatorial pode ser inadequada.

Pelo Quadro 131, o KMO foi igual 0,600, logo, isso indica que os fatores encontrados na Análise Fatorial (PCA) conseguem descrever, satisfatoriamente, as variações dos dados originais.

Quanto mais perto de 1, significa que os padrões de correlações são relativamente compactos e, portanto, os resultados tendem a ser confiáveis. No caso, note o valor de 0,600, sendo que o mínimo para ser tolerável é 0,5 (FIELD, 2009; KAISER, 1974). Quanto ao teste de Bartlett, a importância reside especialmente na significância estatística, que mostra se a análise fatorial é apropriada ou não.

Quadro 131 - Resultado dos testes de Bartlett e KMO, mostrando a adequabilidade do conjunto de dados a ser tratado pelo PCA, considerando o ano amostral 2022-2023.

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,600
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	229,438
	df	55
	Sig.	,000

O teste de KMO obteve um valor de 0,600, o que indica que a análise de componentes principais pode ser feita, mas com cautela. O teste de esfericidade de Bartlett dá um valor de $\chi 2 = 229,438$ com 55 graus de liberdade. Pela análise do valor-p (Sig=0,000), que é inferior a 0,05 conclui-se da mesma forma, rejeita-se a hipótese nula.

Devido aos três primeiros componentes principais representarem 75,09% da variância total, eles podem apresentar os níveis de contaminação por metais nos sedimentos na área de estudo. Os valores desses dois componentes principais podem ser apresentados pelos teores de metais nos sedimentos e pelos autos vetores dos componentes principais.

Esta tabela apresenta os autovalores (eigenvalues) antes da extração, depois da extração e depois da rotação.

Os autovalores associados com cada fator mostram o quanto de variância é explicada.

Observe que que os primeiros valores explanam uma parte elevada da variância.

Os autovalores maiores que 1 são extraídos pelo programa SPSS, perfazendo 3 fatores, ou componentes principais.

Quadro 132 - Resultado da análise de componentes principais dos elementos químicos do estudo dos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, nas campanhas amostrais primavera de 2022 e verão, outono e inverno de 2023

				Total explicação da Variância dos Dados						
			Inicial Autovetores	Soma de extração de Cargas Quadradas			Somas de Rotação de Cargas Quadradas			
Variaveis Orig		Total	% of Variância	Acumulado	Total	% of Variância	Acumulado %	Total	% de Variância	Acumulado %
Altot(ppm)	1	3,879	35,263	35,263	3,879	35,263	35,263	3,1	28,181	28,181
Astot(ppm)	2	2,951	26,825	62,089	2,951	26,825	62,089	2,815	25,592	53,773
Cdtot(ppm)	3	1,43	13,004	75,093	1,43	13,004	75,093	2,345	21,32	75,093
Pbtot(ppm)	4	0,755	6,868	81,961						
Cutot(ppm)	5	0,617	5,612	87,573						
Crtot(ppm)	6	0,506	4,598	92,171						
Fetot(ppm)	7	0,363	3,303	95,474						
Mntot(ppm)	8	0,257	2,333	97,807						
Hgtot(ppm)	9	0,105	0,955	98,761						
Nitot(ppm)	10	0,075	0,681	99,443						
Zntot(ppm)	11	0,061	0,557	100						
	Método de Extração: Componentes Principais									

Quadro 133 - Autovalores dos componentes do PCA para os elementos químicos medidos nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, primavera de 2022, verão, outono e inverno de 2023

	Matrix(a)Componente		
		Componentes	
	1	2	3
Altot(ppm)	0,308	0,556	0,674
Astot(ppm)	0,662	-0,57	0,202
Cdtot(ppm)	0,496	-0,622	0,196
Pbtot(ppm)	0,631	0,041	0,373
Cutot(ppm)	0,745	-0,451	-0,151
Crtot(ppm)	0,747	0,12	-0,569
Fetot(ppm)	0,544	0,749	-0,114
Mntot(ppm)	0,047	0,752	0,291
Hgtot(ppm)	0,559	-0,406	0,425
Nitot(ppm)	0,785	0,185	-0,356
Zntot(ppm)	0,601	0,621	-0,076
Método de Extração: Análise de Componentes Principais.			
a. 3 componentes extraídos.			

Componentes rotacionados da Matriz			
		Componentes	
	1	2	3
Altot(ppm)	0,136	-0,019	0,916
Astot(ppm)	0,878	0,149	-0,101
Cdtot(ppm)	0,798	0,018	-0,184
Pbtot(ppm)	0,547	0,224	0,435
Cutot(ppm)	0,713	0,469	-0,23
Crtot(ppm)	0,186	0,923	-0,103
Fetot(ppm)	-0,154	0,705	0,591
Mntot(ppm)	-0,318	0,102	0,735
Hgtot(ppm)	0,8	-0,008	0,135
Nitot(ppm)	0,258	0,838	0,094
Zntot(ppm)	-0,02	0,679	0,54
Método de Extração: Análise de Componentes Principais.			
Método de Rotação: Varimax com Normalização Kaiser.			
a. A rotação convergiu em 5 iterações.			

Com base nos autos vetores dados pela análise fatorial, método dos componentes principais, estabelecem-se as três equações para os três componentes que representam cerca de 75,09% de variação do conjunto dos dados.

Z1= (0,308* C Al) + (0,662*C As) + (0,496*C Cd) + (0,631*C Pb) + (0,745*C Cu) + (0,747*C Cr) + (0,544*C Fe) + (0,047*C Mn) + (0,559*C Hg) +(0,785*C Ni) + (0,601*C Zn).

Z2= (0,556*C Al) + (-0,57* C As) + (-0,622*C Cd) + (0,041*C Pb) + (-0451*C Cu) + (0,012*C Cr) + (0,749*C Fe) + (0,752*C Mn) + (-0,406*C Hg) + (0,185*C Ni) + (0,621* C Zn).

Z3= (0,674* C Al) + (0,202*C As) + (0,196*C Cd) + (0,373*C Pb) + (-0,151*C Cu) + (-0,569*C Cr) + (-0,114*C Fe) + (0,291*C Mn) + (0,425*C Hg) +(-0,356*C Ni) + (-0,076*C Zn).

Onde Z1, Z2 e Z3 são os valores dos três primeiros componentes principais, respectivamente, Ci, i (Cu, Zn, Ni, Pb, Cr, Cd), é o conteúdo de metais nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota. A fim de obter os níveis

abrangentes de contaminação de metais de diferentes amostras, os valores de Z, Z2 e Z3 devem ser somados em peso por cada um dos seus autovalores.

Quadro 134 - Apresentam-se a abrangência da contaminação com base no PCA com n=402. Verde campanha amostral de primavera, azul campanha amostral de verão, amarelo, campanha de outono, Rosa campanha de inverno. As duas últimas colunas representam a ordenação da contaminação dada pelo PCA entre as estações amostrais, dentro da campanha amostral.

Ordenação Geral **Metais Totais**	descrescente PCA Z1Z2Z3		Ordenação Sazonal **Metais Totais**	descrescente PCA Z1Z2Z3
4BF	32187,8		8BE	22007,3
5BH	28626,6		2BE	14915,3
6BH	28231,8		4BE	12287,6
2BG	23069,8		6BE	8351,3
8BE	22007,3		7BE	5349,1
2BF	17892,9		1BE	4841,4
8BF	15832,0		3BE	4441,1
4BG	15185,7		5BE	2897,4
2BE	14915,3		4BF	32187,8
4BH	14047,1		2BF	17892,9
7BH	13645,8		8BF	15832,0
8BH	13272,0		1BF	7916,5
4BE	12287,6		6BF	5468,0
2BH	12150,0		7BF	3997,4
6BG	11344,4		3BF	3580,4
1BH	10792,5		5BF	3158,6
8BG	10482,1		2BG	23069,8
6BE	8351,3		4BG	15185,7
3BH	7984,1		6BG	11344,4
1BF	7916,5		8BG	10482,1
1BG	7029,7		1BG	7029,7
3BG	6902,3		3BG	6902,3
6BF	5468,0		7BG	5233,1
7BE	5349,1		5BG	4253,6
7BG	5233,1		5BH	28626,6
1BE	4841,4		6BH	28231,8
3BE	4441,1		4BH	14047,1
5BG	4253,6		7BH	13645,8
7BF	3997,4		8BH	13272,0
3BF	3580,4		2BH	12150,0
5BF	3158,6		1BH	10792,5
5BE	2897,4		3BH	7984,1

Já o resultado da análise de componentes principais (PCA-AF) considerando todas as campanhas amostrais desde 2004 até a presente data foi apresentado no Quadro 134.

Devido aos dois primeiros componentes principais representarem 73,89% da variância total, eles podem apresentar os níveis de contaminação por metais pesados dos sedimentos na área de estudo. Os valores desses dois componentes principais podem ser

apresentados pelos teores de metais nos sedimentos e pelos autos vetores dos componentes principais (Equações 1 e 2).

Z1= (0,864* C Al) + (0,797*C As) + (0,258*C Cd) + (0,808*C Pb) + (0,898*C Cu) + (0,934*C Cr) + (0,846*C Fe) + (0,741*C Mn) + (0,683*C Hg) +(0,904*C Ni) + (0,87*C Zn).

Z2= (-0,26*C Al) + (0,109* C As) + (0,887*C Cd) + (0,881*C Pb) + (0,048*C Cu) + (-0,053*C Cr) + (-0,236*C Fe) + (-0,116*C Mn) + (0,278*C Hg) + (0,054*C Ni) + (-0,118* C Zn).

Onde Z1 e Z2 são os valores dos dois primeiros componentes principais, respectivamente, Ci, i (Cu, Zn, Ni, Pb, Cr, Cd), é o conteúdo de metais pesados no solo em estudo. A fim de obter os níveis abrangentes de contaminação de metais pesados de diferentes amostras, os valores de Z1 e Z2 devem ser somados em peso por cada um dos seus autovalores. A seguir, tomaremos a Amostra 1 (S1) como exemplo para explicar o processo computacional de níveis de contaminação abrangentes por PCA.

Ao iniciar a análise de PCA, foi executado o teste de adequabilidade KMO e o teste de Bartlett, e verificou-se serem os dados compatíveis com este tipo de teste, Quadro 2.

A medida global de adequação amostral do critério de KMO (Kaiser- Meyer-Olkin) varia entre 0 e 1, quanto mais perto de 1, tanto melhor. Pela Tabela 1, o KMO foi igual 0,922, logo, isso indica que os fatores encontrados na Analise Fatorial (PCA) conseguem descrever, satisfatoriamente, as variações dos dados originais.

A partir da matriz originais dos dados onde foram tabuladas 11 variáveis (elementos químicos), recolhidos em cerca de 55 campanhas amostrais, inicialmente com7 locais amostrais e após oito locais, são transformados em duas variáveis hipotéticas, Componente 1 e Componente 2, representando 73,89% da variação dos dados originais.

Quadro 135 - Resultado dos testes de Bartlett e KMO, mostrando a adequabilidade do conjunto de dados a ser tratado pelo PCA.

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,922
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	4134,118
	df	55
	Sig.	,000

A determinação dos níveis de contaminação dos sedimentos por PCA. Inicia ao definir a matriz X apresentando o conjunto de dados, formado por n=405, todas as campanhas amostrais desde 2004 (E até BH), onde foram recolhidas as amostras de sedimentos superficiais de fundo, da calha fluvial do arroio Candiota, formando o conjunto de dados por medidas da concentração do metal total, dos onze metais do estudo, Al, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Fe, Hg, Mn, Zn, Ni, os teores de metais foram expressos em ppm, e após calculado o Log (x+1) para cada teor compondo a matriz do estudo.

O resultado da análise de componentes principais foi apresentado nos quadros 136 e 137. Devido aos dois primeiros componentes principais representarem 73,89% da variância total.

Os valores desses dois componentes principais podem ser apresentados pelos teores de metais nos sedimentos e pelos autos vetores dos componentes principais (Equações Z1 e Z2).

Z1= (0,864* C Al) + (0,797*C As) + (0,258*C Cd) + (0,808*C Pb) + (0,898*C Cu) + (0,934*C Cr) + (0,846*C Fe) + (0,741*C Mn) + (0,683*C Hg) +(0,904*C Ni) + (0,87*C Zn)

Z2= (-0,26*C Al) + (0,109* C As) + (0,887*C Cd) + (0,881*C Pb) + (0,048*C Cu) + (-0,053*C Cr) + (-0,236*C Fe) + (-0,116*C Mn) + (0,278*C Hg) + (0,054*C Ni) + (-0,118* C Zn)

São os valores dos dois primeiros componentes principais, respectivamente, C Cu é o conteúdo de cobre nos sedimentos, e assim por diante no estudo.

A fim de obter os níveis abrangentes de contaminação de metais pesados de diferentes amostras, os valores de Z1 e Z2 devem ser somados em peso por cada um dos seus autovalores.

Observe-se que os valores dados pelo PCA, não possuem unidades são números que podem ordenar acontecimentos.

Quadro 136 - Resultado da análise de componentes principais dos elementos químicos do estudo dos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, nas campanhas amostrais desde 2004 até inverno de 2023

			Total da explicação da Variancia dos Dados							
	Comnponente		Inicial Autovetores		Somas de Extração de Cargas Quadradas			Somas de rotação de cargas quadradas		
		Total	% of Variancia	Acumulado	Total	of Varian	umulative	Total	% of Variance	Cumulative %
Altot(ppm)	1	7,086	64,422	64,422	7,086	64,422	64,422	6,721	61,097	61,097
Astot(ppm)	2	1,042	9,472	73,894	1,042	9,472	73,894	1,408	12,797	73,894
Cdtot(ppm)	3	0,843	7,661	81,555						
Pbtot(ppm)	4	0,454	4,127	85,681						
Cutot(ppm)	5	0,386	3,511	89,193						
Crtot(ppm)	6	0,341	3,1	92,292						
Fetot(ppm)	7	0,285	2,595	94,887						
Mntot(ppm)	8	0,232	2,113	97						
Hgtot(ppm)	9	0,125	1,132	98,132						
Nitot(ppm)	10	0,114	1,035	99,167						
Zntot(ppm)	11	0,092	0,833	100						
Método de Extração: Análise de Componentes Principais.										

Quadro 137 - Auto vetores dos componentes do PCA para os elementos químicos medidos nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota. Das campanhas amostrais de 2004 a inverno de 2023.

Component Matrix(a)		
	Component	
	1	2
Altot(ppm)	0,864	-0,26
Astot(ppm)	0,797	0,109
Cdtot(ppm)	0,258	0,887
Pbtot(ppm)	0,808	0,081
Cutot(ppm)	0,898	0,048
Crtot(ppm)	0,934	-0,053
Fetot(ppm)	0,846	-0,236
Mntot(ppm)	0,741	-0,116
Hgtot(ppm)	0,683	0,278
Nitot(ppm)	0,904	0,054
Zntot(ppm)	0,87	-0,118
Extraction Method: Principal Component Analysis.		
a. 2 components extracted.		

Rotated Component Matrix(a)		
	Component	
	1	2
Altot(ppm)	0,902	-0,04
Astot(ppm)	0,746	0,302
Cdtot(ppm)	0,032	0,923
Pbtot(ppm)	0,763	0,277
Cutot(ppm)	0,859	0,267
Crtot(ppm)	0,918	0,178
Fetot(ppm)	0,878	-0,02
Mntot(ppm)	0,747	0,07
Hgtot(ppm)	0,594	0,438
Nitot(ppm)	0,863	0,274
Zntot(ppm)	0,873	0,099
Extraction Method: Principal Component Analysis.		
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.		
a. Rotation converged in 3 iterations.		

O Cádmio foi um fator 2, nomeado já que apresentou uma variação importante e representou cerca de 12,79% da variância dos dados, enquanto todos os outros metais do estudo apresentaram uma variância de aproximadamente de 62% dos dados.

2.5.34. Resultados e Considerações para a toxicidade dos sedimentos

Ensaios de toxicidade com organismos bentônicos foram realizados com as amostras de sedimento coletadas nos meses de novembro de 2022, fevereiro, maio e agosto de 2023 nas oito Estações Amostrais (EA) pré-determinadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota, RS. Os métodos utilizados para as avaliações da toxicidade estão listados na

Tabela 1.

Tabela 1 Metodologia analítica empregada nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de sedimento coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS.

PARÂMETRO	***METODOLOGIA***
Toxicidade aguda e crônica com *Hyalella azteca*	ABNT NBR 15470/2021

Os resultados dos ensaios de toxicidade realizados com as amostras de sedimento coletadas nas campanhas de novembro/2022 a agosto/2023 são apresentados no Quadro 138, sendo considerado "Detectada" quando o efeito observado é estatisticamente significativo.

Buscando uma melhor interpretação da qualidade ambiental da área monitorada, a partir dos resultados qualitativos dos ensaios ecotoxicológicos, foi criado um índice de toxicidade. Para tanto, aos efeitos tóxicos observados nas amostras de sedimentos das estações amostrais foram atribuídos pesos de acordo com o grau de toxicidade observado (Tabela 2). Os pesos atribuídos distribuem-se em uma escala de 0 (zero) a 3 (três), sendo zero o melhor cenário possível (total ausência de toxicidade), e três o pior cenário possível (toxicidade aguda com 100% de mortalidade dos organismos-teste expostos). A proposta do índice de toxicidade é considerar os resultados ecotoxicológicos de todo o período de estudo da área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici permitindo visualizar, em uma mesma escala, as variações ao longo do tempo.

Quadro 138 Resultados dos ensaios de toxicidade realizados com *Hyalella azteca* para avaliar os efeitos sobre a sobrevivência e ao crescimento do organismo-teste quando exposto as amostras de sedimento coletadas na área de influência da Usina Termelétrica

Estação Amostral	*Novembro/2022*		
	Toxicidade sobre a Sobrevivência	**% de Mortalidade**	**Toxicidade sobre o Crescimento**
EA 1	ND	5%	ND
EA 2	ND	0%	ND
EA 3	**Detectada**	45%	ND
EA 4	ND	0%	ND
EA 5	ND	7,50%	ND
EA 6	ND	5%	ND
EA 7	ND	0%	ND
EA 8	ND	0%	ND

Estação Amostral	*Fevereiro/2023*		
	Toxicidade sobre a Sobrevivência	**% de Mortalidade**	**Toxicidade sobre o Crescimento**
EA 1	ND	5%	ND
EA 2	ND	0%	ND
EA 3	ND	5%	ND
EA 4	ND	3%	ND
EA 5	ND	5%	ND
EA 6	ND	5%	ND
EA 7	ND	5%	ND
EA 8	ND	0%	ND

Estação Amostral	*Maio/2023*		
	Toxicidade sobre a Sobrevivência	**% de Mortalidade**	**Toxicidade sobre o Crescimento**
EA 1	ND	10%	ND
EA 2	ND	0%	ND
EA 3	ND	10%	ND
EA 4	ND	10%	ND
EA 5	ND	10%	ND
EA 6	ND	10%	ND
EA 7	ND	8%	ND
EA 8	ND	5%	ND

Estação Amostral	*Agosto/2023*		
	Toxicidade sobre a Sobrevivência	**% de Mortalidade**	**Toxicidade sobre o Crescimento**
EA 1	ND	5%	ND
EA 2	ND	5%	ND
EA 3	ND	10%	ND
EA 4	ND	5%	ND
EA 5	ND	5,00%	ND
EA 6	ND	3%	ND
EA 7	ND	8%	ND
EA 8	**Detectada**	40%	ND

Tabela 2 Pesos atribuídos aos efeitos ecotoxicológicos para a definição do índice de toxicidade aplicado nas avaliações da toxicidade das amostras de sedimentos.

EFEITO OBSERVADO	PESO ATRIBUÍDO

- Sedimentos – Presença de toxicidade aguda	3 x % de efeito do ensaio
- Sedimentos – Presença de toxicidade crônica	2

A partir da aplicação do índice de toxicidade são apresentados: (a) média do índice de toxicidade observada no período de 2016 a 2023, (b) média do índice de toxicidade em função das estações do ano, e (c) o índice toxicidade comparada para todo o período de estudo, com destaque para as campanhas do último ano do projeto (2022 a 2023).

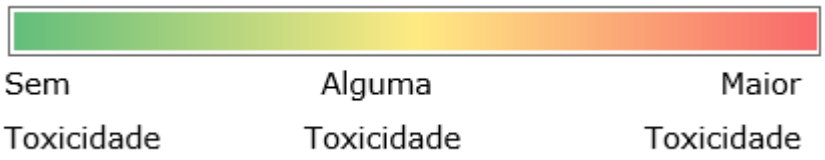
Além de permitir uma visão geral da qualidade dos sedimentos de cada estação amostral em relação ao parâmetro toxicidade, o índice de toxicidade foi utilizado para caracterizar as estações amostrais nas campanhas realizadas de novembro/2022 a agosto/2023.

Índice de toxicidade

O índice de toxicidade aqui proposto visa caracterizar os efeitos ecotoxicológicos dos sedimentos de cada uma das estações amostrais considerando todo o período de estudo (2016 a 2023). A intensidade do índice está relacionada não apenas ao tipo de toxicidade observada na área de estudo (sobre a sobrevivência ou sobre o crescimento dos organismos), como também a frequência que a mesma ocorreu durante o período de estudo. A média do índice de toxicidade para as amostras de sedimentos de cada uma das estações amostrais coletadas durante o período de 2016 a 2023 está apresentado no Quadro 139. Os baixos valores do índice de toxicidade observados (em uma escala de 0 até 3) são decorrentes dos longos períodos com ausência de toxicidade em praticamente todos as estações amostrais entre novembro de 2019 e agosto de 2023. De qualquer forma, considerando todo o período de monitoramento, a Estação Amostral EA 2, que visa avaliar todas as atividades desenvolvidas à montante da contribuição dos efluentes hídricos da UTE, apresenta um maior índice de toxicidade, e a maior frequência de episódios com toxicidade.

Quadro 139 Médias do Índice de toxicidade (em uma escala de 0 a 3), e frequência de ocorrência de toxicidade, observado nas amostras de sedimentos coletadas na área de

Estação Amostral	Média do Índice de Toxicidade	Frequência de Toxicidade (%) 2016 a 2023	Frequência de Toxicidade (%) 2022 a 2023	Frequência de Toxicidade (%) nos últimos 4 anos Jul/ 2019 a Ago/2023
EA 1	0,13	17,9	0,0	5,9
EA 2	0,21	21,4	0,0	0,0
EA 3	0,11	7,1	25,0	5,9
EA 4	0,01	7,1	0,0	0,0
EA 5	0,17	10,7	0,0	0,0
EA 6	0,17	17,9	0,0	0,0
EA 7	0,07	7,1	0,0	0,0
EA 8	0,08	10,7	25,0	11,8



Média do Índice de toxicidade por estação do ano

O quadro 140 apresenta (A) a média do índice de toxicidade calculada para as amostras de sedimentos em cada uma das estações amostrais em função das estações do ano, e (B) o índice de toxidade para as campanhas realizadas de novembro/2022 a agosto/2023. Ao considerar todo o período de estudo (2016 a 2023) há uma maior ocorrência de amostras com toxicidade nas campanhas de primavera (32,1%), seguida das campanhas realizadas de inverno (28,6%) e uma clara redução do número de amostras com toxicidade nas campanhas de verão (7,14%). Contudo, todas as estações amostrais apresentam médias baixas para o índice de toxicidade em função dos longos períodos com ausência ou reduzida ocorrência de toxicidade.

Nas campanhas realizadas de novembro/2022 a agosto/2023 manteve-se a tendencia histórica, observando-se toxicidade nas campanhas de amostras de primavera (EA 3) e inverno (EA 8).

Quadro 140 Média do índice de toxicidade em função das estações do ano (em uma escala de 0 a 3) observado nas amostras de sedimentos coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS, no período de novembro/2016 a agosto/2023 (A) e índice de toxicidade calculado para as estações amostrais nas campanhas realizadas de novembro/2022 a agosto/2023 (B)

A

Estação Amostral	Primavera	Verão	Outono	Inverno
EA 1	0,1	0,2	0,3	0,0
EA 2	0,4	0,1	0,0	0,3
EA 3	0,2	0,0	0,2	0,1
EA 4	0,03	0,0	0,0	0,0
EA 5	0,2	0,0	0,1	0,4
EA 6	0,3	0,0	0,3	0,1
EA 7	0,2	0,0	0,0	0,1
EA 8	0,0	0,0	0,1	0,2

B

Estação Amostral	Primavera	Verão	Outono	Inverno
EA 1	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 2	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 3	1,4	0,0	0,0	0,0
EA 4	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 5	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 6	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 7	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 8	0,0	0,0	0,0	1,2



Sem Toxicidade | Alguma Toxicidade | Maior Toxicidade

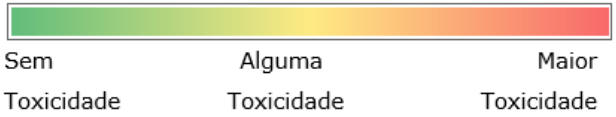
Índice de toxicidade do período de estudo

O Quadro 141 apresenta o índice de toxicidade observado para cada uma das amostras de sedimentos coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici avaliadas ao longo dos últimos 7 anos (2016 a 2023), com destaque para as campanhas de novembro/2022 a agosto/2023. Os dados evidenciam os longos períodos com ausência ou eventual ocorrência de toxicidade nos sedimentos após julho de 2019, não sendo possível indicar uma estação amostral com maior ocorrência de toxicidade. Em destaque, no quadro, os resultados das últimas campanhas, realizadas de novembro/2022 a agosto/2023. A toxicidade nas amostras de sedimento, que também vinha apresentando uma distribuição errática entre as estações amostrais até maio de 2019, foi detectada em apenas duas amostras nos últimos 3 anos de monitoramento (EA1 – Fev/2020 e EA8 – Mai/2022). No período de monitoramento deste relatório anual (novembro/2022 a agosto/2023), observa-se a ocorrência de toxicidade aguda na EA 3 e na EA 8 em uma campanha cada.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 141 Índices de toxicidade (em uma escala de 0 a 3) observado nas amostras de sedimentos coletadas na área de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS, no período de novembro/2016 a agosto/2023, com destaque para as campanhas realizadas de novembro/2022 a agosto/2023.

	2016	2017				2018				2019				2020				2021				2022				2023			
	Nov	Jan	Abr	Jul	Nov	Jan	Abr	Jul	Nov	Fev	Abr	Jul	Nov	Fev	Mai	Ago	Nov	Fev	Mai	Ago	Nov	Fev	Mai	Ago	Nov	Fev	Mai	Ago
EA 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,8	0,2	0,0	2,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 2	0,6	0,0	0,0	1,6	2,0	0,8	0,0	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0
EA 4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 5	1,2	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 6	0,0	0,0	0,0	0,4	2,0	0,0	0,0	0,6	0,2	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 7	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2



2.5.35. Considerações finais e conclusões

A poluição por metais, hoje, é uma das questões ambientais mais cruciais nos ecossistemas aquáticos porque os metais pesados são persistentes e altamente tóxicos, e tendem a se acumular nos organismos.

Quando os metais entram nos ecossistemas, a maior parte deles se acumula em sedimentos por meio de precipitação, adsorção e processos de difusão; no entanto, este processo poderá ser revertido quando o equilíbrio entre os sedimentos e a água sobrejacente da coluna é rompida, fazendo com que os sedimentos sucessivamente iniciem a liberar os metais para o corpo hídrico, atuando como zona fonte, e passem a ser fontes difusas o que pode afetar adversamente os ecossistemas e prejudicar a saúde humana através da cadeia alimentar.

Ao admitir-se que a poluição é, " a introdução, pelo homem, no meio de substâncias ou energia suscetíveis de causar riscos à saúde humana, podendo prejudicar os recursos vivos e os sistemas ecológicos, gerar danos à estrutura ou comunidade ou interferir no uso legítimo do ambiente ", fica evidente que a poluição é causada por atividades antropogênicas.

Como consequência a avaliação da poluição está relacionada a atos de diferenciação entre concentrações naturais das concentrações antropogênicas nos sedimentos da calha fluvial do arroio Candiota.

Em muitos estudos, os termos contaminação e poluição são utilizados como sinônimos, no entanto, e concordamos com Chapman (2007), define contaminação como:

“A contaminação é simplesmente a presença de uma substância onde ela não deveria estar ou em concentrações acima do background”.

E continua o mesmo autor, “Poluição é a contaminação que resulta ou pode resultar em efeitos biológicos adversos".

Os limites TEC (Treshold Effect Contamination), LEL (Low Effect Level), ERL (Effect Range Low) e TEL (Treshold Effects Levels), foram aqui aplicados para esta verificação.

Os metais não são biodegradáveis e ocorrem naturalmente nos sedimentos, solos, águas e organismos vivos em concentrações referentes aos valores de background, são onipresentes.

É difícil distinguir entre concentrações naturais e antropogênicas de metais, já que não se tem dados pré-industriais, evidentemente sabe-se que a influência da industrialização da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota deva ser muito importante, refletindo nas concentrações destes elementos que foram medidos neste estudo.

Existe uma questão aplicada no que tange a legislação, isto é o desenvolvimento de diretrizes para a legislação ambiental, uma vez que as diretrizes ambientais são baseadas em valores e níveis de toxicidade, como foi o caso deste estudo, foram comparados com os valores médios da crosta, os valores médios para os sedimentos pré-industriais do planeta, o Clarke da prospecção geoquímica, e a composição média dos folhelhos, todas estas taxas informadas pela Geologia ortodoxa, enquanto que as concepções dadas pela ecotoxicidade (limites internacionais), os limites TEC-PEC, LEL-SEL, ERL-ERM, e TEL-PEL, (veja a tabela 7) além disso os bioensaios de ecotoxicidade específicos pra os sedimentos do Candiota, também foram executados para contextualizar esta bacia hidrográfica no que tange a qualidade de seus sedimentos.

Há que se considerar que a Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, incorpora em suas litologias, primitivamente, o bem mineral carvão, desta forma, é natural que o carvão participe, antes do período pré-industrialização das características das drenagens, dos solos, da vegetação influenciando todas as variáveis ambientais inclusive os organismos como um comportamento natural e característico.

Como eram estas influências?

Como eram as taxas de concentração dos elementos químicos, nos sedimentos, antes da exploração e do uso do carvão?

Como eram estas taxas antes da geração da termeletricidade?

Impossível dizer e de caracterizar, já que não se tem acesso a informação deste período da bacia hidrográfica do estudo a equipe de pesquisa ainda não cessou as buscas por tais informações.

Mas, evidentemente que o carvão, participa de forma muito mais efetiva após a industrialização da área, com a mineração e com a geração da termeletricidade e os

efluentes e os passivos ambientais da área, influenciando os indicadores ambientais. Além disso não é somente a térmica que utiliza, hoje, o carvão mineral.

Precisa ser lembrado que os componentes chave da gestão de bacias hidrográficas consistem em encontrar as causas da deterioração da integridade e desenvolvimento e implementação de soluções. No entanto, a avaliação dos impactos ecológicos em rios, onde ocorre degradação química e física, pode ser extremamente difícil, uma vez que alguns dos efeitos dos contaminantes podem ser amplificados por influências mais fortes de canalizações, perda de vegetação ripária ou outros agentes físicos causadores de impactos.

Apesar dos avanços significativos da ciência e da boa técnica no controle de fontes de poluição pontual (esgotos domésticos ou efluentes industriais) e de poluição difusa (escorrências agrícolas, urbanas e criação de gado), estas ainda constituem um problema recorrente na Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota.

Quando se faz monitorização em sistemas fluviais é frequente comparar trechos com diferentes graus de perturbação com locais menos perturbados os locais de referência.

Esta é a metodologia empregada, considerando a estação amostral 1, como o local de referência da bacia, o que implica a prévia definição da tipologia, uma vez que a comparação só é lícita para o mesmo tipo de massas de água. Contudo, será possível seguir este procedimento quando toda a bacia hidrográfica se encontra marcadamente afetada por pressões antropogênicas intensas e os pontos brancos (locais de referência) estão virtualmente ausentes?

Foi com base nesta pergunta/resposta, que se estabeleceu alguns locais de referência, para os sedimentos, tendo em atenção as opiniões de profissionais experientes evitando, desse modo, a necessidade de fazer comparações com locais de controle específicos.

No entanto, se não existirem locais de referência, o que é comum em áreas altamente afetadas por atividades antropogênicas ou em regiões marcadamente agrícolas, as condições de referência podem ser selecionadas a partir de um conjunto de locais que se verifique estarem ecologicamente mais perturbados. Já que o que se busca é uma ordenação, relativizar as estações amostrais, foi o que foi executado para os metais, neste relatório.

Isto é, a estação amostral 1, local de referência para a bacia foi escolhida pois está a montante da atividade termelétrica, foco do estudo, mas compararam-se também as estações amostrais 6, o "front" mineiro do carvão mineral, a estação 8, o local de derrame do efluente liquido, depois de tratado da Usina Térmica, a estação amostral 7, o local mais a jusante, onde a depuração de todos os usos é esperada, esta estação tem a expectativa de apresentar os serviços dos ecossistemas da bacia, frente a carga de efluentes pontuais e difusos existentes a montante de suas áreas.

Além disso, se apresenta a comparação com os níveis de base calculados e transformados numa condição de referência.

Importante é referir que, a monitorização tem essencialmente uma finalidade, a de avaliar o estado dos sedimentos, classificação e apresentação de resultados, correspondendo neste caso a um monitoramento de vigilância ambiental.

No âmbito da monitorização, existem, portanto, vários índices que foram usados para caracterizar a qualidade dos sedimentos, para classificar os locais estudados, destinados a avaliar a qualidade de todo o ecossistema fluvial do arroio Candiota, e desta forma avaliar de forma indireta o habitat fluvial como um todo.

O recurso a esses índices constitui uma das metodologias mais utilizadas na apresentação de resultados relativos a subsídios as questões de gestão ambiental, principalmente porque representam a condensação de múltiplas informações embora os índices tenham algumas limitações associadas, uma vez que podem reduzir uma grande quantidade de informação num único valor, com a consequente perda de informação e simplificação conceitual.

Ressalta-se que no mundo real é muito mais complexo do que pode ser expresso em simples relações causais em análise de sistemas ambientais.

No Quadro 142 calculou-se o background, pós-industrialização, evidentemente que estes valores naturais estão acrescidos dos valores antropogênicos e, portanto, não nos servem para comparação, no entanto é pertinente que se calcule o background atual para os sedimentos da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, para que estes valores de concentrações sejam informados.

No Quadro 142 apresentam-se os backgrounds calculados frente aos referencias usados no estudo, sendo **TEC** (Tresholds Effect Contamination), **LEL** (Low Effect Level), **ERL** (Effect Range Low) e **TEL** (Tresholds Effects Levels), os referencias

"tresholds" vindos da ecotoxicidade, valores que acima destes limites algum prejuízo é esperado para os organismos, além da utilização destes limites, o limite **PEL**(Probable Effect Contamination), da concepção TEL-PEL, usados pela resolução do CONAMA 454, para sedimentos e que sinaliza um limite que certamente efeitos adversos aos seres vivos serão ocasionados por tais valores.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 142 - Aqui estão os níveis de base, o "background" calculado para cada um dos metais do estudo dos sedimentos do arroio Candiota, e os referenciais usados como abordagem deste estudo, as concepções vindas da ecotoxicidade e os referencias da geologia ortodoxa. O hachurado em cinza significa que a concepção em questão do limite não foi estudada para aquele elemento químico em particular. Lembra-se que o valor de N usado foi de 402

Elementos do Estudo	**Background**	TEC (treshold)	LEL (treshold)	ERL (treshold)	TEL (treshold)	PEL	Crosta	Sed.PreIndust	ClarkeGeoq.	Folhelhos Med
Campanhas -2004 a 2023	CalculadoP/Candiota	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Altot(ppm)	**52590,75**						*82000*	*72000*	*83600*	*88000*
Astot(ppm)	**59,45**	*9,8*	*6,00*	*8,2*	*5,9*	*17*	*1,5*	*7,7*	*1,8*	*13*
Cdtot(ppm)	**1,30**	*0,99*	*0,60*	*1,2*	*0,6*	*3,5*	*0,11*	*0,17*	*0,16*	*0,22*
Pbtot(ppm)	**46,56**	*36*	*31,00*	*46,7*	*35*	*91,3*	*14*	*19*	*13*	*23*
Cutot(ppm)	**22,26**	*32*	*16,00*	*34*	*35,7*	*197*	*50*	*33*	*68*	*39*
Crtot(ppm)	**41,68**	*43,4*	*26,00*	*81*	*37,3*	*90*	*100*	*72*	*122*	*90*
Fetot(ppm)	**41700,04**	*20000*	*20000,00*			*40000*	*41000*	*41000*	*62000*	*48000*
Mntot(ppm)	**1647,55**	*460*	*460,00*			*11000*	*950*	*770*	*1060*	*850*
Hgtot(ppm)	**0,28**	*0,18*	*0,20*	*0,15*	*0,17*	*0,49*	*0,05*	*0,19*	*0,08*	*0,18*
Nitot(ppm)	**44,63**	*23*	*16,00*	*20,9*	*18*	*35,9*	*80*	*52*	*99*	*68*
Zntot(ppm)	**116,32**	*120*	*120,00*	*150*	*123*	*315*	*75*	*95*	*76*	*120*

O que se observa é que:

O *Alumínio* se apresenta abaixo das taxas consideradas *níveis de base* para crosta terrestre, para os sedimentos pré-industriais, para o Clarke geoquímico e para o folhelho médio. Este elemento químico (Al) não foi alvo do estudo internacional que gerou os benchmarks partir dos bioensaios, as chamadas neste relato de concepções, "benchmarks".

O nível de base do *Arsênio* se apresenta mais elevado do que todos os referencias apresentados, inclusive mais elevado do que o PEL (Probable Effect Contamination), mostrando que este nível de base quando ultrapassado na sua concentração, vem em prejuízo dos organismos da bacia.

O Cádmio apresentou um nível de base maior do que todos os referencias, inclusive aquelas concepções vindas dos bioensaios, os limites "tresholds" TEC, LEL, ERL e TEL, isto é algum efeito adverso é esperado, mas não ultrapassa a concepção PEL.

O nível de base para o *Chumbo*, mostrou-se inferior as concepções TEC, LEL, ERL, PEL, e apresentou-se maior do que o TEL e todos os outros referencias da geologia ortodoxa.

O nível de base do *Cobre*, apresentou-se inferior a todos os referenciais usados e maior apenas a concepção LEL.

O nível de base do *Cromo*, maior que o LEL e TEL, inferior ao TEC, ERL, PEL, a todos os referencias da geologia ortodoxa.

O nível de base do *Ferro*, apresentou-se inferior aos folhelhos médios, ao Clarke geoquímico, acima dos outros referencias inclusive o PEL.

O nível de base do *Manganês* foi sempre abaixo dos referenciais usados.

O nível de base do *Mercúrio* apresentou-se acima dos de todos os referenciais com exceção do PEL.

O *Níquel* apresentou um nível de base acima dos limites dados pelas concepções vindas dos bioensaios, ecotoxicidade, inclusive do PEL; mas abaixo de todos os referencias dados pela geologia ortodoxa.

O *Zinco* apresentou um nível de base inferior a todos os limites dados pela ecotoxicidade, e ainda aos valores dos Folhelhos médios, mas apresentou-se maior do que os referencias dados pela Crosta, sedimentos e Clarke geoquímico.

Evidentemente que estamos referenciando valores que estão associados à média, já que a fórmula usada para o cálculo do background ou nível de base utilizou os valores médios obtidos nos sedimentos da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, desde 20024 até a presente data.

Para avaliar-se de forma mais visual construíram-se os Quadros 139 até Quadro 146 para que o RTR e o ARTR sejam utilizados frente aos backgrounds calculados.

Referenciando as concentrações obtidas nas estações amostrais e suas respostas sazonais, **primavera** de 2022, **verão** de 2023, **outono** de 2023, e **inverno** de 2023.

Quadro 143 - RTR e ARTR para a campanha de primavera de 2022 considerando o nível de base calculado, o background, para os sedimentos do arroio Candiota.

Primaveras																		
Campanhas -2004 a 2023	Background	RTR background	1BE	RTR 1BE	2BE	RTR 2BE	3BE	RTR 3BE	4BE	RTR 4BE	5BE	RTR 5BE	6BE	RTR 6BE	7BE	RTR 7BE	8BE	RTR 8BE
Altot(ppm)	52590,75	1,00	247,670	0,005	1818,930	0,035	412,990	0,008	664,520	0,013	218,090	0,004	504,950	0,010	615,990	0,012	1535,710	0,029
Astot(ppm)	59,45	1,00	0,267	0,004	2,720	0,046	1,570	0,026	1,440	0,024	0,305	0,005	0,338	0,006	0,322	0,005	0,178	0,003
Cdtot(ppm)	1,30	1,00	0,267	0,206	0,272	0,210	1,570	1,212	1,440	1,112	0,305	0,235	0,338	0,261	0,322	0,249	1,780	1,374
Pbtot(ppm)	46,56	1,00	0,267	0,006	34,110	0,733	1,570	0,034	1,620	0,035	0,305	0,007	0,987	0,021	0,322	0,007	0,178	0,004
Cutot(ppm)	22,26	1,00	0,267	0,012	4,270	0,192	1,570	0,071	1,440	0,065	0,305	0,014	0,338	0,015	0,322	0,014	0,178	0,008
Crtot(ppm)	41,68	1,00	1,410	0,034	6,350	0,152	1,570	0,038	2,270	0,054	0,413	0,010	0,776	0,019	0,535	0,013	2,520	0,060
Fetot(ppm)	41700,04	1,00	1350,520	0,032	4189,220	0,100	1429,520	0,034	3650,720	0,088	781,360	0,019	2262,780	0,054	1089,860	0,026	5400,960	0,130
Mntot(ppm)	1647,55	1,00	59,770	0,036	386,290	0,234	165,680	0,101	105,300	0,064	58,430	0,035	42,140	0,026	266,450	0,162	165,510	0,100
Hgtot(ppm)	0,28	1,00	0,016	0,058	0,033	0,117	0,019	0,068	0,017	0,062	0,018	0,066	0,020	0,073	0,019	0,069	0,033	0,117
Nitot(ppm)	44,63	1,00	0,534	0,012	5,440	0,122	3,150	0,071	2,880	0,065	0,683	0,015	2,040	0,046	1,970	0,044	3,560	0,080
Zntot(ppm)	116,32	1,00	0,951	0,008	42,210	0,363	1,950	0,017	18,530	0,159	1,520	0,013	4,670	0,040	4,620	0,040	154,570	1,329
"n" válidos 402	∑	11,00	∑	0,413	∑	2,304	∑	1,678	∑	1,740	∑	0,423	∑	0,570	∑	0,641	∑	3,234
	ARTR background	1,00	**ARTR 1BE**	**0,038**	**ARTR 2BE**	**0,209**	**ARTR 3BE**	**0,153**	**ARTR 4BE**	**0,158**	**ARTR 5BE**	**0,038**	**ARTR 6BE**	**0,052**	**ARTR 7BE**	**0,058**	**ARTR 8BE**	**0,294**

Quadro 144 - RTR e ARTR para a campanha de verão de 2023, considerando o nível de base calculado para os sedimentos do arroio Candiota.

Verões																		
Campanhas -2004 a 2023	Background	RTR background	1BF	RTR 1BF	2BF	RTR 2BF	3BF	RTR 3BF	4BF	RTR 4BF	5BF	RTR 5BF	6BF	RTR 6BF	7BF	RTR 7BF	8BF	RTR 8BF
Altot(ppm)	52590,75	1,00	837,640	0,016	1939,930	0,037	525,400	0,010	1851,890	0,035	435,060	0,008	488,570	0,009	504,360	0,010	1479,990	0,028
Astot(ppm)	59,45	1,00	0,643	0,011	0,658	0,011	0,601	0,010	0,488	0,008	0,621	0,010	3,090	0,052	0,594	0,010	0,637	0,011
Cdtot(ppm)	1,30	1,00	0,643	0,496	0,658	0,508	0,601	0,464	0,488	0,377	0,621	0,479	3,090	2,386	0,594	0,459	0,637	0,492
Pbtot(ppm)	46,56	1,00	0,643	0,014	0,658	0,014	5,180	0,111	0,488	0,010	3,090	0,066	7,790	0,167	0,594	0,013	38,750	0,832
Cutot(ppm)	22,26	1,00	1,540	0,069	1,690	0,076	1,330	0,060	2,660	0,119	1,680	0,075	9,040	0,406	1,310	0,059	3,650	0,164
Crtot(ppm)	41,68	1,00	1,320	0,032	3,510	0,084	0,817	0,020	5,090	0,122	1,000	0,024	3,090	0,074	0,935	0,022	3,010	0,072
Fetot(ppm)	41700,04	1,00	2126,400	0,051	4419,320	0,106	1064,390	0,026	9262,690	0,222	1138,420	0,027	1271,100	0,030	1113,810	0,027	4736,580	0,114
Mntot(ppm)	1647,55	1,00	214,200	0,130	145,190	0,088	54,240	0,033	102,970	0,062	21,950	0,013	23,410	0,014	204,340	0,124	96,820	0,059
Hgtot(ppm)	0,28	1,00	0,039	0,139	0,040	0,142	0,036	0,130	0,029	0,105	0,037	0,134	0,037	0,133	0,036	0,128	0,038	0,137
Nitot(ppm)	44,63	1,00	1,290	0,029	1,680	0,038	1,200	0,027	3,960	0,089	1,240	0,028	6,190	0,139	1,190	0,027	1,600	0,036
Zntot(ppm)	116,32	1,00	3,500	0,030	8,290	0,071	1,420	0,012	23,330	0,201	1,770	0,015	3,090	0,027	1,080	0,009	48,010	0,413
"n" válidos 402	∑	11,00	∑	1,017	∑	1,175	∑	0,902	∑	1,351	∑	0,881	∑	3,438	∑	0,887	∑	2,357
	ARTR background	1,00	**ARTR 1BF**	**0,092**	**ARTR 2BF**	**0,107**	**ARTR 3BF**	**0,082**	**ARTR4BF**	**0,123**	**ARTR 5BF**	**0,080**	**ARTR 6BF**	**0,313**	**ARTR 7BF**	**0,081**	**ARTR 8BF**	**0,214**

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 145 - RTR e ARTR para a campanha de outono de 2023, considerando o nível de base calculado para os sedimentos do arroio Candiota

Outonos																	
Campanhas -2004 a 2023	**Background**	**RTR background**	1BG	RTR 1BG	2BG	RTR 2BG	3BG	RTR 3BG	4BG	RTR 4BG	5BG	RTR 5BG	6BG	RTR 6BG	7BG	RTR 7BG	8BG	RTR 8BG
Altot(ppm)	**52590,75**	1,00	549,770	0,010	1225,340	0,023	585,600	0,011	875,520	0,017	356,320	0,007	115,880	0,002	462,100	0,009	96,950	0,002
Astot(ppm)	**59,45**	1,00	0,066	0,001	0,060	0,001	0,055	0,001	0,500	0,008	0,059	0,001	0,069	0,001	0,067	0,001	0,074	0,001
Cdtot(ppm)	**1,30**	1,00	0,066	0,051	0,006	0,005	0,055	0,043	0,005	0,004	0,006	0,005	0,007	0,005	0,007	0,005	0,007	0,006
Pbtot(ppm)	**46,56**	1,00	0,332	0,007	1,490	0,032	0,277	0,006	1,230	0,026	0,296	0,006	1,710	0,037	0,333	0,007	1,850	0,040
Cutot(ppm)	**22,26**	1,00	1,960	0,088	2,190	0,098	1,230	0,055	1,230	0,055	1,280	0,058	1,710	0,077	1,020	0,046	1,850	0,083
Crtot(ppm)	**41,68**	1,00	1,750	0,042	9,700	0,233	1,680	0,040	5,930	0,142	0,821	0,020	6,020	0,144	0,568	0,014	7,600	0,182
Fetot(ppm)	**41700,04**	1,00	2255,460	0,054	6738,150	0,162	2005,470	0,048	4249,730	0,102	1378,460	0,033	3928,240	0,094	1431,720	0,034	3623,510	0,087
Mntot(ppm)	**1647,55**	1,00	157,130	0,095	189,010	0,115	77,070	0,047	201,710	0,122	84,750	0,051	55,580	0,034	218,890	0,133	144,350	0,088
Hgtot(ppm)	**0,28**	1,00	0,020	0,072	0,018	0,064	0,017	0,060	0,015	0,053	0,018	0,064	0,021	0,074	0,020	0,072	0,022	0,080
Nitot(ppm)	**44,63**	1,00	0,664	0,015	5,280	0,118	0,687	0,015	4,850	0,109	0,655	0,015	5,530	0,124	0,826	0,019	5,910	0,132
Zntot(ppm)	**116,32**	1,00	2,480	0,021	11,020	0,095	4,280	0,037	20,280	0,174	4,560	0,039	8,160	0,070	3,330	0,029	47,370	0,407
"n" válidos 402	∑	11,00	∑	0,457	∑	0,946	∑	0,363	∑	0,813	∑	0,298	∑	0,663	∑	0,368	∑	1,108
	ARTR background	1,00	**ARTR 1BG**	**0,042**	**ARTR 2BG**	**0,086**	**ARTR 3BG**	**0,033**	**ARTR 4BG**	**0,074**	**ARTR 5BG**	**0,027**	**ARTR 6BG**	**0,060**	**ARTR 7BG**	**0,033**	**ARTR 8BG**	**0,101**

Quadro 146 - RTR e ARTR para a campanha de inverno de 2023, considerando o nível de base calculado para os sedimentos do arroio Candiota

Invernos																	
Campanhas -2004 a 2023	**Background**	**RTR background**	1BH	RTR 1BH	2BH	RTR 2BH	3BH	RTR 3BH	4BH	RTR 4BH	5BH	RTR 5BH	6BH	RTR 6BH	7BH	RTR 7BH	8BH	RTR 8BH
Altot(ppm)	**52590,75**	1,00	762,790	0,015	1513,710	0,029	754,280	0,014	1284,630	0,024	3598,080	0,068	2370,510	0,045	1809,860	0,034	973,920	0,019
Astot(ppm)	**59,45**	1,00	0,065	0,001	0,062	0,001	0,057	0,001	0,058	0,001	0,072	0,001	0,074	0,001	0,067	0,001	0,066	0,001
Cdtot(ppm)	**1,30**	1,00	0,006	0,005	0,006	0,005	0,006	0,004	0,006	0,004	0,007	0,006	0,007	0,006	0,007	0,005	0,007	0,005
Pbtot(ppm)	**46,56**	1,00	0,323	0,007	2,000	0,043	2,420	0,052	1,710	0,037	6,650	0,143	5,260	0,113	4,150	0,089	2,360	0,051
Cutot(ppm)	**22,26**	1,00	0,323	0,015	0,309	0,014	0,286	0,013	0,288	0,013	0,359	0,016	0,367	0,016	0,334	0,015	0,327	0,015
Crtot(ppm)	**41,68**	1,00	0,323	0,008	0,309	0,007	0,286	0,007	0,846	0,020	1,460	0,035	0,598	0,014	0,334	0,008	1,060	0,025
Fetot(ppm)	**41700,04**	1,00	2741,600	0,066	2541,080	0,061	1890,120	0,045	3301,360	0,079	5673,760	0,136	6781,260	0,163	2672,020	0,064	3216,000	0,077
Mntot(ppm)	**1647,55**	1,00	155,200	0,094	156,020	0,095	106,880	0,065	159,940	0,097	626,570	0,380	251,250	0,152	310,190	0,188	288,000	0,175
Hgtot(ppm)	**0,28**	1,00	0,019	0,070	0,019	0,066	0,017	0,062	0,017	0,062	0,022	0,078	0,022	0,079	0,020	0,072	0,020	0,070
Nitot(ppm)	**44,63**	1,00	0,646	0,014	0,617	0,014	0,573	0,013	1,330	0,030	3,440	0,077	6,130	0,137	1,410	0,032	0,773	0,017
Zntot(ppm)	**116,32**	1,00	1,510	0,013	4,950	0,043	2,020	0,017	13,970	0,120	15,910	0,137	29,160	0,251	6,340	0,055	43,900	0,377
"n" válidos 402	∑	11,00	∑	0,307	∑	0,377	∑	0,294	∑	0,488	∑	1,077	∑	0,978	∑	0,564	∑	0,833
	ARTR background	1,00	**ARTR 8BG**	**0,028**	**ARTR 8BG**	**0,034**	**ARTR 8BG**	**0,027**	**ARTR 8BG**	**0,044**	**ARTR 8BG**	**0,098**	**ARTR 8BG**	**0,089**	**ARTR 8BG**	**0,051**	**ARTR 8BG**	**0,076**

Como a condição de referência é o nível de base, o background, calculado para os sedimentos do Candiota, pode ser colocado numa ordenação única, do maior para o menor, apenas marcando com a coloração a primavera de 2022 com a cor verde, com a cor azul o verão de 2023, com a cor amarela o outono de 2023 e por fim com a cor rosa o inverno de 2023, as estações amostrais dadas pelo ARTR Valor agregado de referência.

Quadro 147 - Valores do ARTR, calculado para as estações amostrais, ordenadas do valor maior para o menor, todos referenciados ao nível de base calculado e usado como condição de referência. Verde a primavera de 2022, azul o verão de 2023, o amarelo o outono de 2023

Estação	ARTR
ARTR 6BF	0,313
ARTR 8BE	0,294
ARTR 8BF	0,214
ARTR 2BE	0,209
ARTR 4BE	0,158
ARTR 3BE	0,153
ARTR4BF	0,123
ARTR 2BF	0,107
ARTR 8BG	0,101
ARTR 5BH	0,098
ARTR 1BF	0,092
ARTR 6BH	0,089
ARTR 2BG	0,086
ARTR 3BF	0,082
ARTR 7BF	0,081
ARTR 5BF	0,080
ARTR 8BH	0,076
ARTR 4BG	0,074
ARTR 6BG	0,060
ARTR 7BE	0,058
ARTR 6BE	0,052
ARTR 7BH	0,051
ARTR 4BH	0,044
ARTR 1BG	0,042
ARTR 5BE	0,038
ARTR 1BE	0,038
ARTR 2BH	0,034
ARTR 7BG	0,033
ARTR 3BG	0,033
ARTR 1BH	0,028
ARTR 5BG	0,027
ARTR 3BH	0,027

O “background” calculado para os metais (mg/kg) nos sedimentos superficiais de fundo da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota foram:

Al (105181,50ppm), As (118,90ppm), Cd (2,59ppm), Cr (93,11ppm), Cu (44,52ppm), Pb (93,11ppm), Fe (83400,08ppm), Mn (3295,11ppm), Hg (0,56ppm), Ni (89,26ppm) e Zn (232,64ppm).

As concentrações médias de metais (mg/kg) foram até a presente data: Al (15190,45ppm), As (7,57ppm), Cd (0,25ppm), Cr (0,33ppm), Cu (7.30ppm), Pb (11,02ppm), Fe (14448,57ppm), Mn (470,15ppm), Hg (0,09ppm), Ni (13,36ppm) e Zn (36,48ppm).

Os índices foram implementados para avaliar o grau de contaminação/poluição por metais, multi-índices foram utilizados: Fator de contaminação (CF); o Fator de Enriquecimento (EF); Índice de Geoacumulação (Igeo); Índice de Carga Poluente (PLI); Grau de Contaminação (CDeg), Grau de Contaminação Modificado (mCDeg); Linhas Guias da Qualidade dos sedimentos (SQGs, utilizando quatro concepções existente TEC-PEC, LEL-SEL, ERL-ERM (Conama 344); TEL-PEL (Conama 454).

As faixas de concentração dos metais estudados nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota estão no Quadro 148, onde são apresentados o intervalo de variação não somente no ano amostral 2022-23, mas também por todo o monitoramento ambiental 2004 a 2023.

Quadro 148 - Relação dos elementos do estudo nos sedimentos superfícies de fundo do arroio Candiota seus valores mínimos e máximos nas campanhas amostrais BE-BF-BG-BH 9 anos amostral 2022-23, e os valores mínimos e máximos obtidos em todas as campanhas amostrais, do monitoramento ambiental desde 2004

2022 a 2023 Concentrações do Elementos Químicos	BE a BH Mínimo Estatístico	BE a BH Máximo Estatístico	E ate BH Mínimo Estatístico	E ate BH Máximo Estatístico
Altot(ppm)	96,95	3598,08	96,40	102000,00
Astot(ppm)	0,06	3,09	0,06	353,00
Cdtot(ppm)	0,01	3,09	0,01	3,80
Pbtot(ppm)	0,18	38,75	0,10	116,00
Cutot(ppm)	0,18	9,04	0,18	51,20
Crtot(ppm)	0,29	9,70	0,28	85,30
Fetot(ppm)	781,36	9262,69	537,00	114000,00
Mntot(ppm)	21,95	626,57	1,68	4174,00
Hgtot(ppm)	0,01	0,04	0,00	0,71
Nitot(ppm)	0,53	6,19	0,20	86,70
Zntot(ppm)	0,95	154,57	0,95	241,00
N validos	32		402	

Nos quadros 145 até 153 procurou-se através dos resultados do fator de enriquecimento, e usando os valores máximos, no contesto de máxima restrição, apresentar os significados deste índice, mostrando que apesar dos resultados que mostram um enriquecimento generalizado do elementos, há que se considerar a relativização e o fato de que a comparação com os valores das linhas guias da qualidade dos sedimentos SQSs, mostram que este enriquecimento muito pouco afeta os organismos da calha fluvial do Candiota, Quadro 60 e os quadros 84 a 91.

Para julgar os quadros 146 até 153 utilizou-se as legendas do quadro Quadro 149.

Quadro 149 - Legenda de referência para as classes do Fator de Enriquecimento.

EF	Legenda	Enriquecimento
EF <2		Empobrec.
EF entre 2 e 5		Moderado
EF entre 5 e 20		Significativo
EF entre 20 e 40		Muito Alto
EF >40		Extremamente alto

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 150 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores médios para a crosta terrestre, e o elemento normalizador o Alumínio.

Alumínio é o Normalizador		Crosta Terrestre é Referencia			Estatistica Descritiva				
2022-23 Campanhas BE-BF-BG-BH	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Pad	Variância	Assimetria	Curtose
Fator de Enriquecimento	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
EF As	32	344,65	1,09	345,74	44,46	70,20	4928,06	3,11	11,24
EF Cd	32	4713,20	1,49	4714,69	541,68	976,39	953335,27	3,10	11,06
EF Pb	32	152,68	0,68	153,36	26,70	39,71	1576,59	1,96	2,92
EF Cu	32	31,13	0,16	31,29	4,96	8,02	64,33	2,71	6,51
EF Cr	32	78,21	0,18	78,39	6,27	15,93	253,85	3,98	15,78
EF Fe	32	71,80	2,95	74,75	10,51	16,13	260,15	3,68	12,78
EF Mn	32	124,38	4,14	128,52	20,95	22,41	502,33	3,78	17,61
EF Hg	32	365,69	9,85	375,53	74,65	78,21	6116,02	2,62	7,73
EF Ni	32	62,07	0,42	62,48	6,03	13,37	178,82	3,70	13,28
EF Zn	32	532,04	2,16	534,21	32,79	94,41	8913,31	5,16	27,86
Valores de N válidos	32								

Quadro 151 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores médios para a crosta terrestre, e o elemento normalizador o Ferro.

Ferro é o Normalizador		Crosta Terrestre é Referencia	Estatistica Descritiva						
2022-23 Campanhas BE-BF-BG-BH	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Pad	Variância	Assimetria	Curtose
Fator de Enriquecimento	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
EF Al	32	0,33	0,01	0,34	0,17	0,08	0,01	0,30	0,20
EF As	32	66,20	0,24	66,45	7,17	12,85	165,12	3,54	14,88
EF Cd	32	905,76	0,33	906,09	89,94	175,33	30739,28	3,64	15,57
EF Pb	32	23,86	0,10	23,96	3,94	6,53	42,68	2,36	4,63
EF Cu	32	5,80	0,03	5,83	0,57	1,02	1,03	4,76	24,99
EF Cr	32	0,96	0,04	1,00	0,31	0,24	0,06	1,26	1,48
EF Mn	32	10,07	0,48	10,55	2,85	2,28	5,18	1,73	3,38
EF Hg	32	25,63	2,18	27,81	9,50	7,49	56,14	1,45	1,04
EF Ni	32	2,38	0,12	2,50	0,46	0,45	0,20	3,26	13,54
EF Zn	32	15,34	0,30	15,65	2,36	3,06	9,36	3,11	11,30
Valored de N válidos	32								

Quadro 152 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores médios para a sedimentos pré-industrialização, e o elemento normalizador o Alumínio.

Alumínio é o Normalizador		Sedimentos Pré-industriais são a Referencia				Estatistica Descritiva			
2022-23 Campanhas BE-BF-BG-BH	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Pad	Variância	Assimetria	Curtose
Fator de Enriquecimento	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
EF AS	32	58,95	0,19	59,14	7,60	12,01	144,18	3,11	11,24
EF Cd	32	2677,80	0,85	2678,65	307,76	554,73	307730,45	3,10	11,06
EF Pb	32	98,78	0,44	99,22	17,27	25,69	659,94	1,96	2,92
EF Cu	32	41,42	0,22	41,63	6,59	10,67	113,86	2,71	6,51
EF Cr	32	78,21	0,18	78,39	6,27	15,93	253,85	3,98	15,78
EF Fe	32	63,04	2,59	65,63	9,23	14,16	200,57	3,68	12,78
EF Mn	32	134,74	4,48	139,22	22,69	24,28	589,51	3,78	17,61
EF Hg	32	84,50	2,27	86,77	17,25	18,07	326,54	2,62	7,73
EF Ni	32	83,84	0,56	84,41	8,15	18,06	326,30	3,70	13,28
EF Zn	32	368,81	1,50	370,31	22,73	65,44	4283,04	5,16	27,86
Valores de N validos	32								

Quadro 153 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores médios para a sedimentos pré-industrialização, e o elemento normalizador o Ferro.

Ferro é o Normalizador		Sedimentos Pré-industriais são a Referencia					Estatistica Descritiva		
2022-23 Campanhas BE-BF-BG-BH	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Pad	Variância	Assimetria	Curtose
Fator de Enriquecimento	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
EF Al	32	0,37	0,02	0,39	0,19	0,09	0,01	0,30	0,20
EF As	32	12,90	0,05	12,94	1,40	2,50	6,27	3,54	14,88
EF Cd	32	586,08	0,21	586,29	58,19	113,45	12870,08	3,64	15,57
EF Pb	32	17,58	0,07	17,65	2,91	4,81	23,17	2,36	4,63
EF Cu	32	8,80	0,04	8,84	0,86	1,54	2,37	4,76	24,99
EF Cr	32	1,33	0,05	1,38	0,43	0,33	0,11	1,26	1,48
EF Mn	32	12,43	0,59	13,02	3,52	2,81	7,88	1,73	3,38
EF Hg	32	6,75	0,57	7,32	2,50	1,97	3,89	1,45	1,04
EF Ni	32	3,65	0,19	3,84	0,71	0,69	0,48	3,26	13,54
EF Zn	32	12,11	0,24	12,35	1,86	2,42	5,83	3,11	11,30
Valores de N válidos	32								

Quadro 154 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores médios para a folhelhos, e o elemento normalizador o Alumínio

Alumínio é o Normalizador		Folhelhos são a Referencia			Estatistica Descritiva				
2022-23 Campanhas BE-BF-BG-BH	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Pad	Variância	Assimetria	Curtose
Fator de Enriquecimento	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
EF As	32	42,68	0,14	42,81	5,51	8,69	75,56	3,11	11,24
EF Cd	32	2529,03	0,80	2529,83	290,66	523,92	274487,97	3,10	11,06
EF Pb	32	99,73	0,44	100,18	17,44	25,94	672,75	1,96	2,92
EF Cu	32	42,83	0,23	43,06	6,82	11,04	121,78	2,71	6,51
EF Cr	32	76,47	0,18	76,65	6,13	15,58	242,69	3,98	15,78
EF Fe	32	65,81	2,71	68,52	9,64	14,79	218,60	3,68	12,78
EF Mn	32	149,19	4,96	154,15	25,12	26,88	722,67	3,78	17,61
EF Hg	32	109,01	2,93	111,95	22,25	23,31	543,50	2,62	7,73
EF Ni	32	78,36	0,53	78,89	7,61	16,88	285,04	3,70	13,28
EF Zn	32	356,86	1,45	358,31	22,00	63,32	4009,93	5,16	27,86
Valores de N válidos	32								

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 155 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores médios para os folhelhos, e o elemento normalizador o Ferro

Ferro é o Normalizador		Folhelhos são a Referencia			Estatistica Descritiva				
2022-23 Campanhas BE-BF-BG-BH	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Pad	Variância	Assimetria	Curtose
Fator de Enriquecimento	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
EF Al	32	0,35	0,01	0,37	0,18	0,08	0,01	0,30	0,20
EF As	32	8,94	0,03	8,98	0,97	1,74	3,01	3,54	14,88
EF Cd	32	530,20	0,19	530,39	52,64	102,63	10532,91	3,64	15,57
EF Pb	32	17,00	0,07	17,07	2,81	4,66	21,68	2,36	4,63
EF Cu	32	8,71	0,04	8,75	0,86	1,52	2,32	4,76	24,99
EF Cr	32	1,25	0,05	1,30	0,40	0,31	0,09	1,26	1,48
EF Mn	32	13,18	0,63	13,81	3,73	2,98	8,87	1,73	3,38
EF Hg	32	8,34	0,71	9,04	3,09	2,44	5,94	1,45	1,04
EF Zn	32	11,23	0,22	11,45	1,72	2,24	5,01	3,11	11,30
EF Ni	32	3,27	0,17	3,44	0,64	0,62	0,38	3,26	13,54
Valores de N válidos	32								

Quadro 156 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores para o Clarke da prospecção geoquímica, e o elemento normalizador o Alumínio

Alumínio é o Normalizador		Clarke Geoquimico é a Referencia			Estatistica Descritiva				
2022-23 Campanhas BE-BF-BG-BH	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Pad	Variância	Assimetria	Curtose
Fator de Enriquecimento	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
EF As	32	292,81	0,93	293,74	37,77	59,64	3557,12	3,11	11,24
EF Cd	32	3303,55	1,04	3304,59	379,67	684,37	468355,82	3,10	11,06
EF Pb	32	198,11	0,88	198,99	34,64	51,52	2654,44	1,96	2,92
EF Cu	32	23,34	0,12	23,46	3,72	6,01	36,15	2,71	6,51
EF Cr	32	53,59	0,13	53,72	4,30	10,92	119,20	3,98	15,78
EF Fe	32	48,41	1,99	50,40	7,09	10,87	118,25	3,68	12,78
EF Mn	32	113,65	3,78	117,43	19,14	20,48	419,38	3,78	17,61
EF Hg	32	233,01	6,27	239,29	47,56	49,83	2483,21	2,62	7,73
EF Ni	32	51,13	0,34	51,48	4,97	11,02	121,37	3,70	13,28
EF Zn	32	535,29	2,18	537,46	32,99	94,99	9022,34	5,16	27,86
Valores de N válidos	32								

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 157 - Análise descritiva do Fator de Enriquecimento, tendo como referência os valores para o Clarke da prospecção geoquímica, e o elemento normalizador o Ferro

Ferro é o Normalizador		Clarke Geoquimico é a Referencia			Estatistica Descritiva				
2022-23 Campanhas BE-BF-BG-BH	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Pad	Variância	Assimetria	Curtose
Fator de Enriquecimento	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
EF Al	32	0,48	0,02	0,50	0,25	0,11	0,01	0,30	0,20
EF As	32	83,43	0,30	83,73	9,04	16,19	262,21	3,54	14,88
EF Cd	32	941,66	0,34	942,00	93,50	182,28	33224,22	3,64	15,57
EF Pb	32	45,93	0,19	46,11	7,59	12,57	158,10	2,36	4,63
EF Cu	32	6,45	0,03	6,48	0,63	1,13	1,27	4,76	24,99
EF Cr	32	1,19	0,04	1,24	0,38	0,29	0,09	1,26	1,48
EF Mn	32	13,65	0,65	14,30	3,87	3,08	9,51	1,73	3,38
EF Hg	32	24,23	2,06	26,29	8,98	7,08	50,15	1,45	1,04
EF Ni	32	2,90	0,15	3,05	0,57	0,55	0,30	3,26	13,54
EF Zn	32	22,90	0,45	23,35	3,52	4,57	20,85	3,11	11,30
Valores de N válidos	32								

Já o Índice de Geoacumulação não mostrou valores que indiquem uma grande acumulação dos elementos químicos do estudo nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, foram comparados como os referencias da geologia ortodoxa, isto é, os valores médios da Crosta terrestre, os valores médios para os sedimentos pré-industriais, os valores do Clarke geoquímico, e os valores da composição média dos folhelhos, estes resultados podem ser observados nos quadros 85 até 88.

O Índice de Carga de Poluição Potencial (PLI), apresentado no Quadro 104 - Cálculo do Índice de Carga potencial (PLI) para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, área de influência da Usina termelétrica Presidente Médici, Candiota, RS Quadro 104, e analisando a estatística descritiva para o índice, na tabela 98 estão as legendas classificatórias deste índice, constata-se que este índice não aponta poluição para os sedimentos analisados na calha do arroio Candiota, quadro 154 e 155.

Quadro 158 - Classes do PLI aplicados nos sedimentos do Candiota

Legenda	Classes
	Sem poluição (PLI ≤1);
	Poluição leve (1 ≤PLI ≤2);
	Poluição moderada (2 ≤PLI ≤ 3); ou,
	Altamente poluídos (PLI >3).

Quadro 159 - Cálculo do PLI para os sedimentos do arroio Candiota apresentando a classe sem poluição. Cálculo do PLI para os sedimentos do arroio Candiota apresentando a classe sem poluição.

PLI para BE-BF-BG-BH	N	Intervalo	Minimo	Maximo	Média	Desvio Padrão	Variancia	Assimetria	Curtose
Refrenciais Usados no Fat.de Contam	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Cálculo usando CF Ref Crosta	32	0,234	0,000	0,234	0,037	0,043	0,002	3,338	13,882
Cálculo usando CF RefSedimentos	32	0,180	0,015	0,195	0,049	0,039	0,002	2,157	5,430
Cálculo usando CF Ref Clarke Geoquimico	32	0,175	0,014	0,189	0,048	0,038	0,001	2,157	5,430
Cálculo usando CF Ref Folhelho Médio	32	0,145	0,012	0,156	0,040	0,032	0,001	2,157	5,430
Cálculo usando CF Ref TEC	32	0,263	0,023	0,287	0,077	0,057	0,003	2,016	4,947
Cálculo usando CF Ref LEL	32	0,253	0,031	0,284	0,087	0,057	0,003	1,823	4,018
Cálculo usando CF Ref ERL	32	0,221	0,012	0,233	0,058	0,054	0,003	2,044	4,017
Cálculo usando CF Ref TEL	32	0,293	0,016	0,309	0,077	0,071	0,005	2,044	4,017
Valores de N Válido	32								

No Quadro 160, estão as legendas classificatórias para o índice de Grau de contaminação, e no Quadro 161 as classificações realizadas no valor máximo obtido, sendo o “n” valido =32.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 160 - Classes do grau de contaminação Cd aplicados nos sedimentos do Candiota.

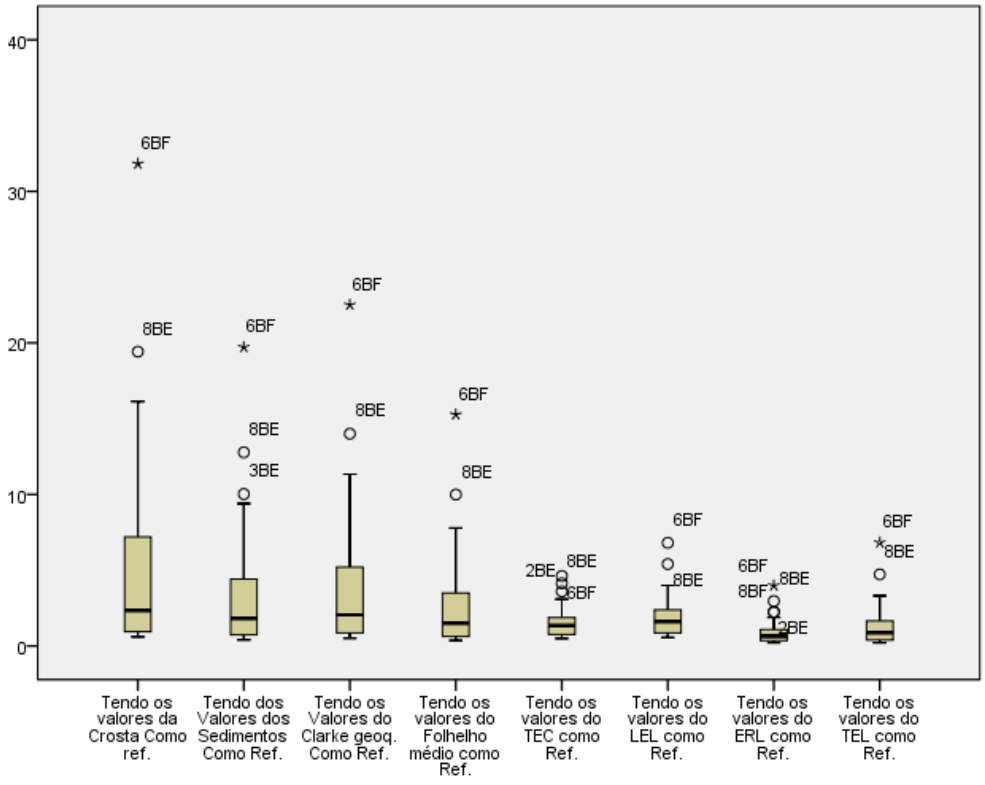
Legenda	Classes Grau de Contaminação
	baixo grau de contaminação, Cdeg <8;
	grau moderado de contaminação, 8 <Cdeg <16;
	grau considerável de contaminação, 16 <Cdeg <32; e
	alto grau de contaminação, Cdeg> 32.

Quadro 161 - Análise descritiva para o Grau de contaminação para os sedimentos superficiais de fundo da calha do arroio Candiota, produto da análise do Quadro 105.

Grau de Contaminação	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	desvioPad	Variancia	Assimetria	Curtose
Referenciais usados	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Statistic	Estatística	Estatística	Estatística
Tendo os valores da Crosta Como ref.	32	31,21	0,60	31,82	5,44	6,92	47,82	2,28	6,13
Tendo dos Valores dos Sedimentos Como Ref.	32	19,31	0,41	19,72	3,53	4,28	18,29	2,30	6,05
Tendo os Valores do Clarke geoq. Como Ref.	32	22,01	0,51	22,51	4,13	4,90	24,02	2,19	5,56
Tendo os valores do Folhelho médio como Ref.	32	14,91	0,37	15,27	2,81	3,30	10,92	2,28	5,95
Tendo os valores do TEC como Ref.	32	4,12	0,50	4,62	1,59	1,06	1,12	1,44	1,67
Tendo os valores do LEL como Ref.	32	6,25	0,56	6,81	1,97	1,46	2,12	1,74	3,23
Tendo os valores do ERL como Ref.	32	3,78	0,20	3,99	0,97	0,88	0,77	1,91	3,81
Tendo os valores do TEL como Ref.	32	6,61	0,21	6,82	1,43	1,48	2,20	2,09	4,91
Valores de N válidos	32								

Na Figura 122 apresentam-se os diagramas Box Plot para o grau de contaminação, salienta-se o comportamento das estações amostrais 6 e 8, colocadas pelo sistema matemático como valores outliers, mostrando que se colocam fora da curva para quase todos os referenciais usados (ordenada x). Estas estações amostrais registram um só uso frente mineira do carvão mineral e local de arremesso do efluente tratado da termelétrica. Além dessas, as estações amostrais 2BE e 3 BE, aparece em alguns referencias também como outliers, mostrando-se como valor anômalo. Lembrando que o sufixo alfabético que acompanha a amostra vincula à campanha amostral, BE (primavera de 2022), BF (verão de 2023), BG (outono de 2023) e BG (inverno de 2023).

Figura 122 - Diagrama “box plot” para o grau de contaminação (Cd) para os sedimentos superficiais de fundo da calha do arroio Candiota, produto da análise do Quadro 105.



Na Figura 122 e Figura 123 observa-se que os valores outliers estão associados aos valores das estações 8 e 6, local de lançamento dos efluentes líquidos tratados da térmica, e os efluentes da mina, considerando a frente mineira, respectivamente, eventuais participações como valores outliers das estações 2BE e 3BE. Lembrando que o sufixo

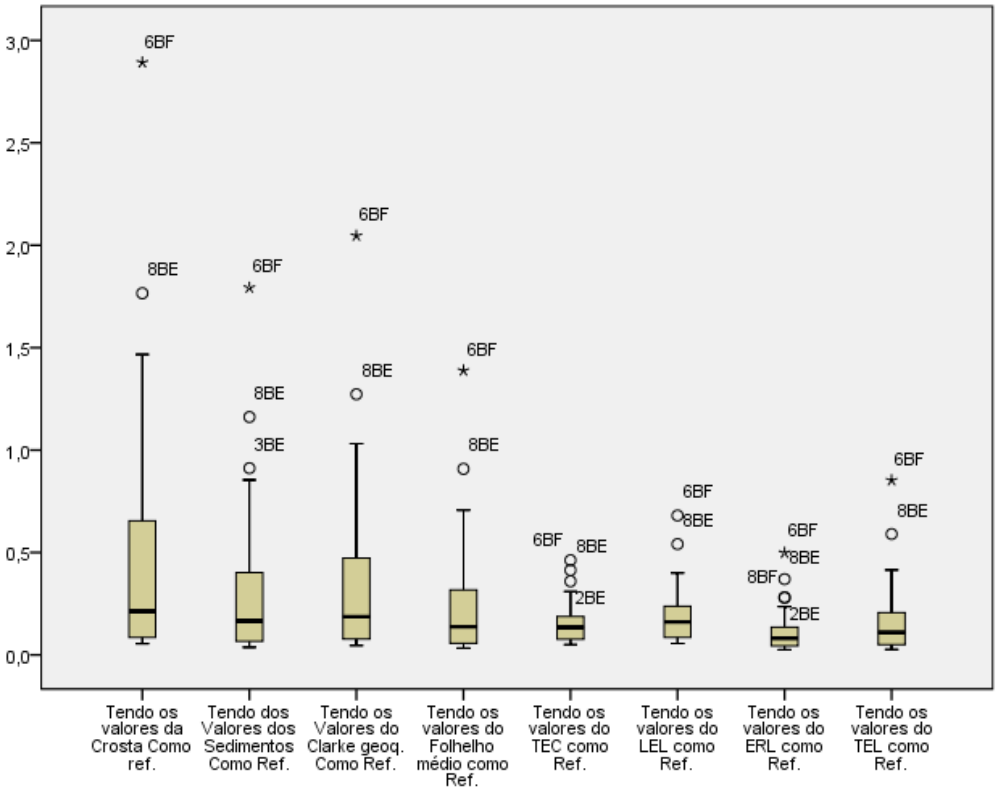
alfabético que acompanha a amostra vincula à campanha amostral, BE (primavera de 2022), BF (verão de 2023), BG (outono de 2023) e BG (inverno de 2023).

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 162 - Análise descritiva para o Grau de contaminação modificado (mCd) para os sedimentos superficiais de fundo da calha do arroio Candiota.

Grau de Contaminação Modificado	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	desvioPad	Variancia	Assimetria	Curtose
Referenciais usados	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Statistic	Estatística	Estatística	Estatística
Tendo os valores da Crosta Como ref.	32	2,84	0,05	2,89	0,49	0,63	0,40	2,28	6,13
Tendo dos Valores dos Sedimentos Como Ref.	32	1,76	0,04	1,79	0,32	0,39	0,15	2,30	6,05
Tendo os Valores do Clarke geoq. Como Ref.	32	2,00	0,05	2,05	0,38	0,45	0,20	2,19	5,56
Tendo os valores do Folhelho médio como Ref.	32	1,36	0,03	1,39	0,26	0,30	0,09	2,28	5,95
Tendo os valores do TEC como Ref.	32	0,41	0,05	0,46	0,16	0,11	0,01	1,44	1,67
Tendo os valores do LEL como Ref.	32	0,62	0,06	0,68	0,20	0,15	0,02	1,74	3,23
Tendo os valores do ERL como Ref.	32	0,47	0,03	0,50	0,12	0,11	0,01	1,91	3,81
Tendo os valores do TEL como Ref.	32	0,83	0,03	0,85	0,18	0,19	0,03	2,09	4,91
Valores de N válidos	32								

Figura 123 - Diagrama box plot para o grau de modificado de contaminação(mCd) para os sedimentos superficiais de fundo da calha do arroio Candiota, produto da análise do Quadro 106.

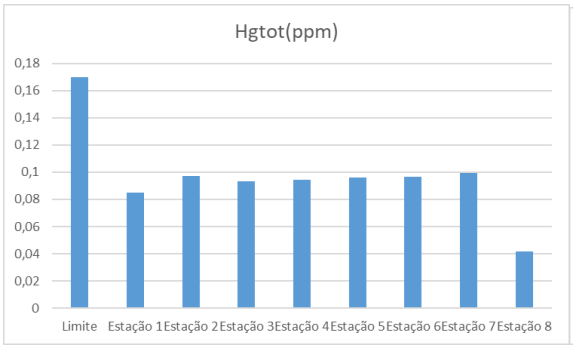


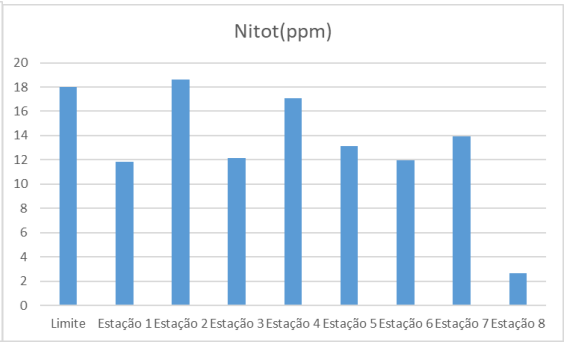
Neste diagrama com o "box plot", Figura 123, do grau de contaminação modificado observa-se, da mesma forma que o anterior, os outliers, são as estações 6 e 8, sendo que eventuais participações das estações 3 e 2.

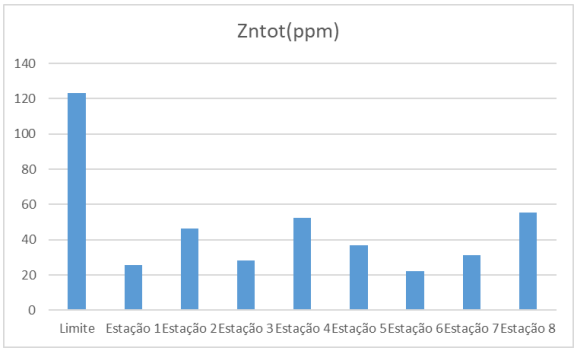
As concentrações médias foram confrontadas com os limites estabelecidos pelo TEL (tresholds Effect Level, CONAMA 454), Figura 124 , em cada uma das estações amostrais para cada um dos metais do estudo, como esta concepção não estabelece limite para o Alumínio, o Ferro e o Manganês, os limites para estes elementos foram estabelecidos pelos referencias folhelho médio para o Alumínio e TEL (Tresholds Effect Level) para o Ferro e o Manganês respectivamente.

Figura 124 - Relação das médias das concentrações do elemento do estudo com um dos limites usados LEL respondendo a legislação CONAMA 454 para sedimentos.









Ao considerar as médias obtidas julgando todas as campanhas amostrais desde 2004 até a última campanha amostral de inverno de 2023, o que se constatou:

Considerando o limite para o *Alumínio* aquele dado pelo folhelho médio, Quadro 61 - **“**Backgrounds” (níveis de base) utilizados como referenciais, nas comparações, com as taxas encontradas nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial, da bacia hidrográfica do arroio Candiota, Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979)Quadro 61 deste relatório, em todas as estações este metal ficou bem abaixo daquele valor de referência (LEL);

Considerando o *Arsênio* nas estações amostrais 1 e 5, apresentaram as concentrações médias acima do valor de referência do TEL (Tresholds Effect Level, CONAMA 454), as estações restantes apresentaram as médias abaixo deste limite estabelecido;

Considerando o *Cádmio* apresentou taxas médias abaixo do limite TEL (Tresholds Effect Level, CONAMA 454), em todas as estações amostrais;

Considerando o Chumbo, apresentou as taxas médias sempre abaixo do limite dado pelo TEL (Tresholds Effect Level, CONAMA 454), em todas as estações amostrais;

Considerando o *Cobre*, apresentou suas concentrações médias bem abaixo do limite TEL (Tresholds Effect Level, CONAMA 454) em todas as estações amostrais;

Considerando o *Cromo*, apresentou suas concentrações médias bem abaixo do limite TEL (Tresholds Effect Level, CONAMA 454) em todas as estações amostrais;

Considerando o *Ferro*, apresentou suas concentrações médias, nas estações amostrais 2 e 4 muito próximas do limite TEL (Tresholds Effect Level, CONAMA 454), e as estações amostrais restantes apresentaram valores médios abaixo do limite TEL.

Considerando o *Manganês*, apresentou suas concentrações medias apenas nas estações amostrais 6 (frente mineira) e 8 (arremesso do efluente líquido tratado da térmica) abaixo do limite TEL (Tresholds Effect Level, CONAMA 454), enquanto as outras estações mostraram concentrações médias, para o Manganês acima do limite TEL.

Considerando o *Mercúrio*, apresentou concentrações médias sempre abaixo do limite TEL (Tresholds Effect Level, CONAMA 454);

Considerando o *Níquel*, apresentou concentrações medias na estação 2 acima do limite TEL (Tresholds Effect Level, CONAMA 454), enquanto a estação amostral 4, se aproximou do limite TEL, as estações restantes ficaram abaixo do limite TEL.

Considerando o *Zinco*, as estações amostrais apresentaram as concentrações médias para este metal abaixo do limite dado por TEL (Tresholds Effect Level, CONAMA 454).

Usou-se na descrição acima o TEL como limite, mas poder-se-ia ter utilizado qualquer outro limite, foi escolhido em função do CONAMA 454, e os outros estão neste relato, em tabelas e gráficos.

Além disso ao analisarem-se os resultados das quatro campanhas do ano amostral, isto é Primavera de 2022, verão de 2023, outono de 2023 e inverno de 2023,

Foram consideradas as médias para executar a análise de todas as campanhas frente as concentrações dos metais nos sedimentos, mas ao longo do relato muitas são as abordagens e as tabelas a elas vinculadas, não somente são autoexplicativas e conclusivas, mas também apresentam o trabalho com vários limites, isto é os limites da geologia ortodoxa (composição médias da crosta terrestre, composição média dos sedimentos pré-industriais, concentrações medias da composição do Folhelho médio, e os limites dado pelo “Clarke” geoquímico, além disso os elementos normalizadores geoquímicos foram usados o Alumínio e o Ferro, e usando os dados individuais dos metais em cada uma das estações.

Chama-se a atenção para os valores “outliers” dos vários digramas do tipo “box plot”, evidentemente cada um dentro de seu contexto, ou analisando os metais em todas as estações do ano amostral 2022-2023, figuras 16 a 19; ou ainda as figuras 20 até 51, considerando os metais em cada uma das estações amostrais.

Os outliers são dados que se diferenciam drasticamente de todos os outros. Em outras palavras, um “outliers” é um valor que foge da normalidade e que pode, e muito provavelmente irá causar anomalias nos resultados obtidos por meio de algoritmos e sistemas de análise. Estes outliers são atribuídos a complexidade do sistema Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota.

Um dado “outliers” pode ser o que mais atrapalha na análise, mas também pode ser exatamente aquilo que se está procurando. Em tempo hábil será executada uma análise somente com os dados outliers.

Os dados foram submetidos a análises estatísticas básicas e multivariadas. Inicialmente foram desenvolvidas medidas estatísticas básicas, tais como: valor mínimo, valor máximo, média, mediana, média, desvio padrão, assimetria, os percentis (25%, 50% e 75%), com gráficos do tipo histogramas, box plots, permitindo uma rápida análise da distribuição dos dados, sendo apropriada para a identificação das anomalias atreladas às influências antrópicas.

• Quais são os contaminantes preocupantes na Bacia Hidrográfica do Candiota (COC)?

Todos os elementos químicos deste estudo são contaminantes importantes para uma bacia hidrográfica multiusos como é a Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, já que todos eles fazem parte da composição química do carvão mineral, considerando que são vários usos dado ao carvão na bacia.

• Existe uma resposta mensurável a esta contaminação? Muitas foram as respostas obtidas ao longo deste monitoramento, não somente através dos multi-indices usados, como da relativização pelo RTR e ARTR.

Se sim, são contaminantes causando a resposta observada?

A questão das respostas observadas torna-se complexa, já que não se tem a letalidade dos organismos, no entanto as muitas ausências de organismos que são esperados serem encontrados em alguns locais amostrais e não são, passam a serem as respostas, exemplo disso é a estação amostral 6, basta examinar as abundancias as

riquezas e os índices de biodiversidades obtidos pelos compartimentos deste estudo que se preocupam com estas questões

•. Quais são as fontes potenciais de contaminantes?

Esta é uma pergunta importantíssima, uma vez que se diz que os contaminantes estudados fazem parte da composição química do carvão mineral, ao mesmo tempo há que se considerar que, todos os outros usos da bacia também apresentam a presença destes elementos, por isso a complexicidade, por isto a complicação. Sobretudo a dificuldade de estabelecer as relações de causalidade.

A estação amostral 8, considerando desde o início do monitoramento foi medida em 25 vezes (n=25), os onze metais do estudo, Quadro 163

, apresentam-se os valores máximos e valores mínimos obtidos, bem como as os valores médios. Lembrando de ser esta a estação amostral que se pode atribuir responsabilidades unicamente ao uso “termeletricidade”.

Quadro 163 - Resultado obtidos em 25 campanhas, incluído aqui o ano amostral 2022-23, objeto deste relato, das concentrações dos metais deste estudo

Estação 8	Mínimo	Máximo	Média
Elementos	Estatístico	Estatístico	Estatística
Al (ppm)	96,95	33106,00	5025,98
Astot(ppm)	0,07	16,50	3,49
Cdtot(ppm)	0,01	1,78	0,25
Pbtot(ppm)	0,18	116,00	14,58
Cutot(ppm)	0,18	9,51	3,42
Crtot(ppm)	1,06	21,50	7,26
Fe(ppm)	3216,00	36113,00	13156,76
Mntot(ppm)	96,82	772,00	272,63
Hgtot(ppm)	0,01	0,12	0,04
Nitot(ppm)	0,77	5,91	2,65
Zntot(ppm)	20,00	154,57	55,62
Valores de N válidos			

Este resultado indica uma abundância de taxas máximas encontradas nas 25 campanhas amostrais (N amostral =25) na estação 8, local de arremesso do efluente líquido tratado da térmica, ordenado do valor maior para o menor:

Fetot(36113ppm)>Al(33106ppm)>Mntot(772ppm)>Zntot(154,57ppm)>Pbtot(116ppm)>Crtot(21,5ppm)>Astot(16,5ppm)>Cutot(9,51ppm)>Nitot(5,91ppm)>Cdtot(1,78ppm)>Hgtot(0,12ppm)

Salienta-se o Zinco como um elemento importante presente nesta estação amostral os elementos Pb e Cr, que seguem na sequência, também apresentam agrupamentos diferentes nas mesmas figuras, possivelmente mostrando uma importância neste local. Note-se que estamos analisando os valores máximos obtidos, sendo o mais restritivo possível.

Poder-se-ia dizer que esta é uma assinatura dos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial, Quadro 163, frente ao efluente arremessado. No entanto ao analisarem-se as outras estações amostrais verificamos que o Zinco também em muitas delas se apresenta como um elemento importante.

Na estação amostral, onde se espera a depuração do sistema o Arsenio toma o logar do Zinco na ordem decrescente de concentrações, num N amostral igual a 53:

Al(85979ppm)>Fe(29283ppm)>Mntot(1707ppm)>Astot(146ppm)>Zntot(91,2ppm)>Crtot(84,9ppm)>Pbtot(69ppm)>Nitot(50,1ppm)>Cutot(21,8ppm)>Cdtot(3,8ppm)>Hgtot(0,71ppm).

A poluição por metais causada por atividades naturais e humanas, usando do reducionismo, tem como causas naturais, a migração e redistribuição de detritos do solo e a migração hidráulica das rochas-mãe, dos solos com elevados valores de nível de base, uma vez que armazena o carvão mineral, que é uma rocha dentro do sistema de uma bacia sedimentar Intracratônica, sob a ação das funções de forças ecológicas como o vento, a agua, as variações termicas, as declividades, a geomorfologia e a hidromorfologia do terreno.

Já os fatores humanos incluem a indústria, mineração (carvão mineral e calcário), áreas mineiras abandonadas (cavas), duas plantas de fabrico de cimento (coprocessamento), aplicação de fertilizantes, inseticidas, praguicidas, fungicidas e pesticidas em geral, e ainda os efluentes urbanos sólidos e líquidos.

Ao examinar as fontes de metais nos sedimentos, a variação temporal e espacial e a variação das fontes de contaminação/poluição por metais, muitas são as fontes pontuais, mas muito mais as fontes difusas, para encontrar uma maneira razoável de intervir o mais cedo possível desde a origem para reduzir os danos desta contaminação para a bacia

hidrográfica é necessário que os usos da bacia gerem um consórcio para cuidar da bacia hidrográfica do arroio Candiota.

Devido ao tempo decorrido, e a quantidade de usos que envolvem os solos, as rochas, as aguas e o ar da Bacia hidrográfica do Arroio Candiota, associado ao cartesianismo cientifico, estabelecer a causalidade passa a ser um objetivo quase que inatingível, o que se tem buscado é caracterizar o estado ambiental da Bacia Hidrografica do Arroio Candiota, com um olhar da estação 6 e a estação 8, onde se tem a certeza de os usos são conhecidos, as suas resultantes tem usos reconhecidos, aqui se pode estabelecer causalidade, no entanto o restante da bacia, passa a ser um “mix” de influencias de seus usos no tocante a metais em sedimentos.

A causalidade é um conceito difícil e muito controverso. Portanto, qualquer metodologia causal necessita de uma base conceitual sólida para ser útil e defensável!

Como podem os monitores, ou avaliadores ambientais determinar as causas das deficiências e dos exageros ambientais?

Os ecossistemas são complexos e as evidências ambientais são diversas.

Em especial o sistema fluvial do arroio Candiota é um sistema muito complexo, as variações longitudinais na hidrogeomorfologia, a variação lateral, em função da construção do canal que pode ser controlado pela tectônica, mas também pela própria variedade dos fluxos em intensidade de transporte erosão e deposição de bancos sedimentares, e a variação vertical, dado pela alternância morfológica, poço-água branca-poço-água branca.

A grande maioria dos métodos de análise causal já publicados trata de causalidade geral e não específica.

Além disso, nenhum método pode acomodar a variedade e diversidade de evidências que se tem disponível.

Urge que um consorcio intermunicipal, seja organizado, somente para cuidar do estado ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, a estilo de um plano de bacia, a sua gestão, de seus solos, de suas águas e de sua atmosfera, somente assim estar-se-á criando condições, subsídios importantes, visões em multiescalas para poder gerir de maneira eficiente a Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, e seus usos.

Do beber ao banho, da indústria à agricultura, do fornecimento de alimentos à alimentação do espírito, a água é essencial à existência humana na Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota.

Os sistemas vivos, físicos e químicos, das massas de água do arroio Candiota, ilustram, os usos dados a este sistema, tal como a contagem de células sanguíneas e a química do sangue, fazem o diagnóstico da saúde do corpo humano, o monitoramento ambiental vem fazendo.

As tabelas, as figuras, em especial os diagramas e gráficos, por si só são autoexplicativos, podendo deles serem extraídos qualquer dúvida a respeito das distribuições, associações e magnitudes dos metais do estudo.

A monitorização e avaliação biológica, permitiu estimar diretamente o estado dos sedimentos superficicias de fundo do arroio Candiota e permiiu diagnosticar e acompanhar a situação ambiental em que se encontra, ao longo do tempo.

2.5.36. Bibliografia

Abdullah, N. A., Shazili, N. A. M., Yaacob, R., & Yunus, K. 2014. Grain size and metallic trace element contents insediments of Kemaman Coast, Terengganu, Malaysia, South China Sea. Journal of Earth Science and Engineering, 4, 80–87.

Abrahim, G. M. S.; Parker R. J. 2008. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sedim 9ents from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. Environmental Monitoring and Assessment. v. 136. pg. 227-238.

Acquavita, A.; Predonzani, S.; Mattassi, G.; Rossin, P.; Tamberlich, F.; Falomo, J. & Valic, I. 2010. Heavy metal contentes and distribution in coastal sediments of the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea, Italy). Water, Air, & Soil Pollution, 211(1): 95-111.

Ackerman F 1980. A procedure for correcting the grain size effect in heavy metal analyses of estuarine and coastal sediments. Environ. Technol Lett 1: 518-527.27.

Allen JRL, Rae JE 1987 Late Flandrian shoreline oscillations in the Severn Estuary: a geomorphological and stratigraphical reconnaissance. Philos Trans R Soc B Biol Sci 315: 185-230.

Alloway, B.J. 1990. Metals in soils. London, Wiley. 368 p. Aspila, K.I.; Agemian, H. & Chau, A.S.Y. 1976. A semi-automated method for the determination of inorganic, organic and total phosphate in sediments. Analyst, 101: 187-197.

Al-Shami, S. A., Rawi, C. S. M., Hassan Ahmad, A., & Nor, S. A. M. 2010. Distribution of Chironomidae (Insecta: Diptera) in polluted rivers of the Juru River basin, Penang, Malaysia. Journal of Environmental Sciences, 22, 1718–1727.

Altenburger R, Backhaus T, Boedeker W, Faust M, Scholze M, Grimme LH. 2000. Predictability of the toxicity of multiple chemical mixtures to Vibrio fischeri: mixtures composed of similarly acting chemicals. Environ Toxicol Chem 19:2341–2347.

Altenburger R, NendzaM, Schüürmann G. 2003. Mixture toxicity and its modeling by quantitative structure-activity relationships. Environ Toxicol Chem 22:1900–1915.

Altenburger R, Backhaus T, Boedeker W, Faust M, Scholze M. 2013. Simplifying complexity: mixture toxicity assessment in the last 20 years. Environ Toxicol Chem 32:1685–1687.

Amin, B., Ismail, A., Arshad, A., Yap, C. K., & Kamarudin, M.S. 2009. Anthropogenic impacts on heavy metal concentrations in the coastal sediments of Dumai, Indonesia. Environmental Monitoring and Assessment, 148, 291–305.

Archer FC (1980) Trace Elements in Soils in England and Wales Inorganic Pollution and Agriculture. Ministry of Agriculture Fisheries and Food Ref Book, London Her Majestys Stationery Office 184-190.

Balls PW, Hull S, Miller BS, Pirie JM, Proctor W 1997. Trace metal in Scottish estuarine and coastal sediments. Mar Pollut Bull 34: 42-50.

Bárány, E. et al. 2002. Relationships between trace element concentrations in human blood and serum. Toxicology letters, v. 134, n. 1, p. 177-184, 2002c. ISSN 0378- 4274.

Bárány, E. et al. 2002a Trace elements in blood and serum of Swedish adolescents: relation to gender, age, residential area, and socioeconomic status. Environmentalresearch, v. 89, n. 1, p. 72-84, ISSN 0013-9351.

Barbieri M. 2016. The Importance of Enrichment Factor (EF) and Geoaccumulation Index (Igeo) to Evaluate the Soil Contamination. J Geol Geophys 5: 237.

Barbieri M, Sappa G, Vitale S, Parisse B, Battistel M. 2014. Soil control of trace metals concentrations in landfill: A case study of the largest landfill in Europe, Malagrotta, Rome. J Geochem Explor 143: 146-154.

Bashir, F. H., Othman, M. S., Mazlan, A. G., Rahim, S. M., & Simon, K. D. 2013. Heavy metal concentration in fishes from the coastal waters of Kapar and Mersing, Malaysia. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13, 375–382.

Basta NT, Ryan JA, Chaney RL (2005) Trace element chemistry in residual-treated soil: key concepts and metal bioavailability. J Environ Qual 34: 49-63.

Bebianno, M.J. 1995. Effects of pollutants in the Ria Formosa Lagoon, Portugal. Science of The Total Environment, 171(27): 107-115.

Bellucci, L.G.; Frignani, M.; Paolucci, D. & Ravanelli, M. 2002. Distribution of heavy metals in sediments of the Venice Lagoon: the role of the industrial area. Science of the Total Environment, 295(1): 35-49.

Blaser P, Zimmermann S, Luster J, Shotyk W 2000 Critical examination of trace element enrichments and depletions in soils: As, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn in Swiss forest soils. Sci Total Environ 249: 257-280.

Buhari, T. R., & Ismail, A. 2016. Heavy metal pollution and ecological risk assessment in surface sediments of west coast of Peninsular Malaysia. International Journal of Environmental Science and Development, 7, 750–756.

Burger, J., Jeitner, C., Donio, M., Pittfield, T., & Gochfeld, M. 2013. Mercury and selenium levels, and selenium: Mercury molar ratios of brain, muscle, and other tissues in bluefish (Pomatomus saltatrix) from New Jersey, USA. Science of the Total Environment, 443, 278–286.

Capello, M., Cutroneo, L., Consani, S., Dinelli, E., Vagge, G. & Carbone, C. 2016. Marine sediment contamination and dynamics at the mouth of a contaminated torrent:

The case of the Gromolo Torrent (Sestri Levante, north-western Italy). Marine Pollution Bulletin, 109(1), 128–141.

Cesar, R.G.; Egler, S.; Polivanov, H.; Castilhos, Z. & Rodrigues, A.P. 2011. Mercury, copper and zinc contamination in soils and fluvial sediments from an abandoned gold mining area in southern Minas Gerais State, Brazil. Environmental Earth Science, 64: 211-222.

Cesar, R.; Silva, M.; Colonese, J.; Bidone, E.; Egler, S.; Castilhos, Z. & Polivanov, H., 2012. Influence of the properties of tropical soils in the toxicity and bioavailability of heavy metals in sewage sludge-amended lands. Environmental Earth Sciences, 66: 2281-2292.

Cesar, R.; Natal-da-Luz, T.; Souza, J. P.; Colonese, J.; Bidone, E.; Castilhos, Z.; Egler, S. & Polivanov, H. 2014. Disposal of dredged sediments in tropical soils: ecotoxicological effects on earthworms. Environmental Monitoring and Assessment, 186: 1487-1497.

Çevik., Fatma Münir Ziya., Lugal Göksu., Osman Barış Deric., Özlem FındıkI. 2009 An assessment of metal pollution in surface sediments of Seyhan dam by using enrichment factor, geoaccumulation index and statistical analyses. Environ Monit Assess 152, 309–317.

Champan, PM. 1990. The sediment quality triad approach to determining pollution-induced degradation. The Science of the Total Environment, 97/98: 815-825.

Chapman, P.M. 2007. Determining when contamination is pollution— weight of evidence determinations for sediments and effluents. Environ Int 33(4):492–501.

Cheng, W. H. &Yap, C. K. 2015. Potential human health risks from toxic metals via mangrove snail consumption and their ecological risk assessments in the habitat sediment from Peninsular Malaysia. Chemosphere, 135, 156–165.

CONAMA No 344/2004. Ministério do Meio Ambiente. 2004. Resolução número 344, 25 de março de 2004. Diário Oficial da União, nº 85, de 30 de março de 2004. Acesso em 14/12/2018.

CONAMA Nº 396/2008. Ministério do Meio Ambiente. 2008. Resolução número 396, 03 de abril de 2008. Diário Oficial da União nº 66, de 07/04/2008. Acesso em 16/01/2018.

CONAMA No 430/2011. Ministério do Meio Ambiente. 2011. Resolução número 430, 13 de maio de 2011. Diário Oficial da União, nº 92, de 16 de maio de 2011. Acesso em 02/08/2018.

Condie, K.C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: Contrasting results from surface samples and shales. Chem. Geol. 104: 1–37.

Davis, A.P., Shokouhian, M & Ni, S., 2000. Loading estimates of lead, copper, cadmium and zinc in urban runoff from specific sources. Chemosphere, 44, 997-1009.

De Casarett E Doull. 2012. Fundamentos em Toxicologia, segunda edição, Editora AMGH Ltda. Porto Alegre.

De Jonge, M.; Teuchies, J.; Meire, P.; Blust, R.; Bervoets, L. (2012)The impact of increased oxygen conditions on metal-contaminated sediments part I: Effects on redox status, sediment geochemistry and metal bioavailability. Water Res. 2012, 46, 2205–2214.

Department of Statistics Malaysia. 2017. Current population estimates Malaysia 2017. Putrajaya: Department of Statistics Malaysia.

Desaules, A. 2012. Critical evaluation of soil contamination assessment methods for trace metals. Science of the Total Environment 426: 120-131.

Diagboya, P.N.; Olu-Owolabi, B.I. & Adebowale K.O. 2015. Effects of time, soil organic matter, and iron oxides on the relative retention and redistribution of lead, cadmium, and copperon soils. Environmental Science Pollution Research, 22: 10331-10339.

Dickshroon W, Van Broekhoven LW, Lampe JEM 1979. Photo toxicity of Zn, Ni, Cd, Cu and Cr in three pasture plant species supplied with graduated amount from the soil. Nz Agric Sci 27: 241-253.

Dongarrà, G. et al. 2011.Concentration and reference interval of trace elements in human hair from students living in Palermo, Sicily (Italy). Environmental toxicology and pharmacology, v. 32, n. 1, p. 27-34.

Duodu G.O., Anim A.K., Serfor-Armah Y., Sarfo D.K. 2011. Assessment of the levels of toxic and potentially toxic metals in sediments from the Weija dam Ghana. Elixir Pollut., 38:4320-4324.

Dung, T.T.T., Cappuyns, V., Swennen, R. and Phung, N.K. (2013) From geochemical background determination to pollution assessment of heavy metals in sediments and soils. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology 12: 335-353.

Elias, M. S., Ibrahim, S., Samuding, K., Rahman, S. A., Wo, Y.M., & Daung, J. A. D. 2018. Multivariate analysis for source identification of pollution in sediment of Linggi River, Malaysia. Environmental Monitoring and Assessment, 190, 2–16.

Emmerson RHC, O'Reilly-Wiese SB, Macleod CL, Lester JN 1997 A multivariate assessment of metal distribution in intertidal sediments of the Blackwater Estuary, UK. Mar Pollut Bull 34: 960-968.

Enghag P. 2004. Encyclopedia of the Elements; Technical Data · History Processing Applications. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA).1997. Manual de métodos de análise de solo. Rio deJaneiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 212 p.

Ergin M.; Saydam C.; Bastürk Ö.; Erdem E. & Yörük R. 1991. Heavy metal concentrations in surface sediments from the two coatal inlets (Golden Horne Estuary and Izmit Bay) of the north-eastern Sea of Marmara. Chemical Geology, 9 (3): 269-285.

Everitt B. S. and Dunn, G.1992. Applied multivariate data analysis (Oxford University Press, New York.

FEEMA (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE). 2006. Lagoa Rodrigo de Freitas: diagnóstico de qualidade de água. Rio de Janeiro, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano. Relatório técnico.

Feng H, Jiang H, Gao W, Weinstein MP, Zhang Q, et al. 2011. Metal contamination in sediments of the western Bohai Bay and adjacent estuaries, China. J Environ Manag 92: 1185-1197.

Fiori, C.S.; Rodrigues, A.P.C.; Santelli, R.E.; Cordeiro, R.C.; Carvalheira, R.G.; Araújo, P.C.; Castilhos, Z.C. & Bidone, E.D. 2013. Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control: A Case Study of Coastal Water Bodies from the Rio de Janeiro State, Southeastern Brazil. Geochimica Brasiliensis, 27(1): 24-36.

Fonseca, E.M.; Baptista Neto, J.A.; Fernandez, M.A.; McAlister, J. & Smith, B. 2011. Geochemical behavior of heavy metals in differents environments in Rodrigo de Freitas lagoon – RJ/Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 8 (2): 457-469.

Förstner, U. 1989. Contaminated Sediments. In: BHATTACHARJI, S.; FRIEDMAN, G. M.; NEUGEBAUER, H. J. & SEILACHER, A. (Eds.). Lectures on environmental aspects of particle-associated chemicals in aquatic systems (Lecture Notes in Earth Sciences 21). Berlin, Springer-Verlag. p. 6-74.

Forstner U. 1990. Contaminated Sediments, Lecture Notes in Earth Science, 21, Berlin, Springer-Verlag.

Förstner U. 2004. Traceability of sediment analysis. Trends in Analytical Chemistry, 23(3):217-236.

Forstner U, Ahlf W, Calmano W. 1989 Studies on the transfer of heavy metals between sedimentary phases with a multichamber device: combined effects of salinity and redox variation. Mar Chem 28:145–158.

Förstner, U.; Wittmann, G. Metal Pollution in the Aquatic Environment. 2. ed. Revised. New York: Springler-Verlag, 1981, 486 p.

Frankowski M, Anetta ZF, Kowalski A, Siepak J 2010 Fractionation of heavy metals in bottom sediments using Tessier procedure. Environ Earth Sci 60: 1165-1178.

Frizzo, S. J.; Licht, O. A. B. Estatísticas uni e bivariadas aplicadas à prospecção geoquímica. In: LICHT, O. A. B.; MELLO, C. S. B.; Silva, C. R.(Eds.). Prospecção geoquímica de depósitos minerais metálicos, não-metálicos, óleo e gás. Rio de Janeiro: SBGq - Sociedade Brasileira de Geoquímica / CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2007. Cap. 19, p. 595-618.

Gałuszka A, Migaszewski ZM (2011) Geochemical background– an environmental perspective. Miner 42(1):7–17

Garrett, R.G., 1991. The management, analysis and display of exploration geochemical data. Exploration geochemistry workshop. Ottawa Geological Survey of Canada.

Ghrefat, H.; Abu-Rukah, Y. & Rosen, M. 2011. Application of geoaccumulation index and enrichment factor for assessing metal contamination in the sediments of Kafrain Dam, Jordan. Environmental Monitoring and Assessment, 178(1): 95-109.

Global Investigation of Pollution in the Marine Environment 1999. Guidance on Assessment of Sediment Quality. IOCeUNEPeIMO.

Grasshoff, K.; Kremling, K. & Ehrhardt, M. 1983. Methods of Seawater Analysis. 3 eds. Weinheim, Verlag Chemie. 419 p.

Grousset, F.E.; Quetel, C.R.; Thomas, B.; Donard, O.F.X.; Lambert, C.E.; Quillard, F. & Monaco, A. 1995. Anthropogenic vs. lithogenic origins of trace elements (As, Cd, Pb, Rb, Sb, Sc, Sn, Zn) in water column particles: northwestern Mediterranean sea. Marine Chemistry, 48: 291-310.

Hajeb, P., Christianus, A., Ismail, A., Zadeh, S. S.,&Saad, C. R.2009. Heavy metal concentration in Horseshoe Crab (Carcinoscorpius rotundicauda and Tachypleus gigas) eggs from Malaysian Coastline. In J. Tanacredi, M. Botton, & D. Smith (Eds.), Biology and conservation of Horseshoe Crabs (pp. 455–463). Boston, MA: Springer.

Håkanson, L. 1980. An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control: a Sedimentological Approach. Water Research, 14(8): 975–1001.

Harikumar, P. S., Nasir, U. P. & Mujeebu Rahman, M. P. 2010 Distribution of heavy metals in the core sediments of a tropical wetland system. Ecotox environ safety 73, 1742-1747.

Haris, H., & Aris, A. Z. 2013. The geo-accumulation index and enrichment factor of mercury in mangrove sediment of Port Klang, Selangor, Malaysia. Arabian Journal of Geosciences, 6, 4119–4128.

Haris, H., & Aris, A. Z. 2015. Distribution of metals and quality of intertidal surface sediment near comercial ports and estuaries of urbanized rivers in Port Klang, Malaysia. Environmental Earth Sciences, 73, 7205–7218.

Haris, H., Looi, L. J., Mokhtar, N. F., Ayob, N. A. A., Yusoff, F.M., Salleh, A. B., et al. 2017. Geo-accumulation index and contamination factors of heavy metals (Zn and Pb) in urban river sediment. Environmental Geochemistry and Health, 39, 1–13.

Hasan, A. R., & Nair, P. L. 2014. Urbanisation and growth of metropolitan centres in Malaysia. Malaysian Journal of Economic Studies, 51, 87–101.

Hossen, M. F., Hamdan, S., & Rahman, M. R. 2015. Review on the risk assessment of heavy metals in Malaysian clams. The Scientific World Journal, 2015, 1–7.

Huang Y. and Wu, P. 2007. Statistical analysis and application of SAS (China Machine Press, Beijing.

Hudson-Edwards KA, Macklin MG, Miller JR, Lechler PJ (2001) Sources Distribution and Storage of heavy metals in the Rio Pilcomayo, Bolivia. J Geochem Explor 72: 229-250.

Hu, B., Li, G., Li, J., Bi, J., Zhao, J., & Bu, R. 2013. Spatial distribution and ecotoxicological risk assessment of heavy metals in surface sediments of the southern Bohai Bay, China. Environmental Science and Pollution Research, 20, 4099–4110.

Ihenyen AE (1998) Heavy Metal Pollution Studies on roadside Sediments in Metropolitan Lagos Nigeria. Environmental Science MY Tokyo 6: 1-6.

Jesus, A.C.N. 2008. Estudo dos parâmetros: teor de NaCl e acabamento superficial, na resistência à corrosão por pite em tubos de cobre. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Nuclear, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 96p.

Kabata-Pendias, A. 2011. Trace elements in soils and plants. Boca Raton, CRC Press. 548 p.

Karageorgis, A.; Sioulas, A.; Krasakopoulou, E.; Anagnostou, C.; Hatiris, G.; Kyriakidou, H. & Vasilopoulos, K. 2012.

Konstantinos Zabetoglou, Demetra Voutsa & Constantini Samara. 2002 Toxicity and heavy metal contamination of surficial sediments from the Bay of Thessaloniki (Northwestern Aegean Sea) Greece. Chemosphere 49, 17–26.

Krishna, A.K., Satyanarayanan, M. & Govil, P.K. 2009 Assessment of heavy metal pollution in water using multivariate statistical techniques in an industrial area: a case study from Patancheru, Medak District, Andhra Pradesh, India. J. Hazard. Mater 167, 366–373.

Krupadam, R. J., Smita, P. & Wate, S.R. 2006, Geochemical fractionation of heavy metals in sediments of the Tapi estuary. Geochemical Journal 40, 513 – 522.

Kuo S, Heilman PE, Baker AS 1983 Distribution and forms of copper, zinc, cadmium, iron, and manganese in soils near a copper smelter. Soil Science 135: 101-109. ; Basta NT, Ryan JA, Chaney RL (2005) Trace element chemistry in residual-treated soil: key concepts and metal bioavailability. J Environ Qual 34: 49-63.17,18.

Geochesmistry of surface sediments and heavy metal contamination assessment: Massolonghi lagoon complex, Greece. Environmental Earth Sciences, 65(6): 1619-1629.

Junhong Bai, Baoshan Vui, Bin Chen, Kejiang Zhang, Wei Deng, Haifeng Gao, Rong Xiao. (2011) Spatial distribution and ecological risk assessment of heavy metals in

surface sediments from a typical plateau lake wetland China. Ec. Modelling 222, 301-306.

Kasilingam, K., Suresh Gandhi, M., Krishnakumar, S., & Magesh, N. S. 2016. Trace element concentration in surface sediment of Palk Strait, southeast coast of Tamil Nadu, India. Marine Pollution Bulletin, 110(1–2), 500–508.

Kaushik, A., Ankur Kansal., Santosh, Meena, Shiv Kumari,&Kaushik, C.P. 2009 Heavy metal contamination of river Yamuna, Haryana, India: Assessment by Metal Enrichment Factor of the Sediments. J. Hazard. Mater 164, 265-270.

Kemp, A.L.W. & Thomas, R.L. 1976. Impact of man's activities on the chemical composition in the sediments of Lakes Ontario, Erie and Huron. Water, Air & Soil Pollution, 5:469-490.

Keshavarzifard, M., Zakaria, M. P., & Sharifi, R. 2017. Ecotoxicological and health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in short-neck clam (Paphia undulata) and contaminated sediments in Malacca Strait, Malaysia. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 73(3), 474–487.

Khodami, S., Surif, M., Wan Maznah, W. O.,&Daryanabard, R. 2017. Assessment of heavy metal pollution in surface sediments of the Bayan Lepas area, Penang, Malaysia. Marine Pollution Bulletin, 114, 615–622.

Klerks PL, Levinton JS 1989 Rapid evolution of metal resistance in a benthic oligochaete inhabiting a metal-polluted site. Biol Bull 176: 135-141.

Kowalska, J., Mazurek, R., Ga¸siorek, M., Setlak, M., Zaleski, T., & Waroszewski, J. 2016. Soil pollution indices conditioned by medieval metallurgical activity—A case study from Krakow (Poland). Environmental Pollution, 218, 1023–1036.

Kuo S, Heilman PE, Baker A.S. 1983. Distribution and forms of copper, zinc, cadmium, iron, and manganese in soils near a copper smelter. Soil Science 135: 101-109.

Lee CL, Fang MD, Hsieh MT 1998. Characterization and distribution of metals in surficial sediments in Southwestern Taiwan. Mar Pollut Bull 36:464-471.

Lemly, A. D. 2002. Symptoms and implications of selenium toxicity in fish: The Belews Lake case example. Aquatic Toxicology, 57, 39–49.

Levy DB, Barbarick KA, Siemer EG, Sommers LE (1992) Distribution and Partitioning of Trace Metals in Contaminated Soils near Leadville, Colorado. J Enviorn Qual 21: 185-195.

Licht, O. A.B. 2001. Geoquímica Multielementar na Gestão Ambiental Identificação e Caracterização de Províncias Biogeoquímicas Naturais, Alterações Antrópicas da Paisagem, Áreas Favoráveis à Prospecção Mineral e Regiões de Risco Para a Saúde no Estado do Paraná, Brasil. Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor. Curso de Pós-Graduação em Geologia, Área de Concentração - Geologia Ambiental, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

Lim, W. Y., Aris, A. Z., & Zakaria, M. P. 2012. Spatial variability of metals in surface water and sediment in the Langat river and geochemical factors that influence their water–sediment interactions. The Scientific World Journal, 2012, 1–14.

Lin, J.G., Chen, S.Y. & Su, C.R 2003 Assessment of sediment toxicity by metal speciation in different particle-size fractions of river sediment. Water Science and Technology 47 (7), 233–241.

Li, X., Liu, L., Wang, Y., Luo, G., Chen, X., Yang, X., et al. 2012. Integrated assessment of heavy metal contamination in sediments from a coastal industrial basin, NE China. PLoS ONE, 7(6), 1–10.

Long, E.R., McDonald, D. D., Smith, S. L., Calder, F. D. 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of Chemical concentrations in marine and estuarine sediments. Environmental Management, 19, 18–97.

Looi, L. J., Aris, A. Z., Haris, H., Yusoff, F. M., & Hashim, Z. 2015. Mercury contamination in the estuaries and coastal sediments of the Strait of Malacca. Environmental Monitoring and Assessment, 187(4099), 1–15.

Looi, L. J., Aris, A. Z., Haris, H., Yusoff, F. M., & Hashim, Z. 2016. The levels of mercury, methylmercury, and selenium and the selenium health benefit value in grey-eel catfish (Plotosus canius) and gaint mudskipper (Periothalmodon schlosseri) from the Strait of Malacca. Chemosphere, 152, 265–273.

Looi, L. J., Aris, A. Z., Wan Johari, W. L., Yusoff, F. M., & Hashim, Z. 2013. Baseline metals pollution profile of tropical estuaries and coastal waters of the straits of Malacca. Marine Pollution Bulletin, 74, 471–476.

Lopes, G.,A ´ vila, F. W., & Guilherme, L. R. G. 2017. Review: Selenium behavior in the soil environment and its implication for human health. Cieˆncia e Agrotecnologia, 41, 605–615.

Loring DH 1990. Lithium - a new approach for the granulometrical normalization of trace metal data. Mar Chem 29: 156-168.

Loring DH, Naes K, Dahle S, Matishow GG, Illin G. 1995. Arsenic, trace metals, and organic micro contaminants in sediments from the Pechora Sea, Russia. Mar Geol 128: 153-167.

Loska, K.; Wiechula, D.; Korus, I. 2004. Metal contamination of farming soils affected by industry. Environment International, v. 30, n. 2,. pg. 159-165.

Loureiro, D.; Fernandez, M.; Herms, F.; Araújo, C. & Lacerda, L. D. 2012a. Distribuição dos metais pesados em sedimentos da Lagoa Rodrigo de Freitas. Oecologia Australis, 16(3): 353-364.

Loureiro, D.; Araújo, C.; Machado, W.; Soares, T.; Costa, B. G.B.; Gripp, E. & Lacerda, L.D. 2012b. Balanço do mercúrio numa lagoa costeira hipertrófica (Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro). Oecologia Australis, 16(3): 365-390.

Lu, J.; Yuan, F.; Zhang, F. & Zhao, Q. 2016. The study on heavy metal distribution in the sediment of middle tidal flat in Yangtze Estuary, China. Environmental Earth Sciences, 75(7): 1-12.

MacDonald, D.D., Ingersoll, C. G., Berger, T.A. 2000. Development and evaluation of consensus based sediment quality guidelines for fresh water ecosystems. Arch Environ Contam Toxicol. 39, 20-31.

Machado, L.B. 2009. Evolução da Degradação Ambiental da Bacia Hidrográfica da. Lagoa Rodrigo de Freitas - RJ. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 178p.

Machado, K. S., Ferreira, P. A., Rizzi, J., Figueira, R., & Froehner, S. 2016. Spatial and temporal variation of heavy metals contamination in recent sediments from Barigui river basin, South Brazil. Environment Pollution and Climate Change, 1, 1–9.

Magesh, N. S., Chandrasekar, N., Krishna Kumar, S., & Glory, M. 2013. Trace element contamination in the estuarine sediments along Tuticorin coast—Gulf of Mannar, southeast coast of India. Marine Pollution Bulletin, 73, 355–361.

Malm, O.; Pfeiffer, W.C.; Bastos, W.R. & Souza, C.M.M., 1989. Utilização do acessório de geração de vapor a frio para análise de mercúrio em investigações ambientais por espectrofotometria de absorção atômica. Revista Ciência e Cultura, 41(1): 88-92.

Martin JM, Whitfield M 1983. The significance of the river input of chemical elements to the ocean. In: Wong CS, Boyle E, Brul KW, Burton JD, Goldberg ED Trace Metals in Sea Water. NATO Conference Series 9: 265-296.

Matschullat J., Ottenstein R., Reimann C. 2000. Geochemical background - can we calculate it? Environmental Geology, 39:990–1000.

Miller JR, Hudson-Edwards KA, Lechler PI, Preston D, Macklin MG (2004) Heavy Metal Contamination of water soil and produce within riverine communities of the Rio Pilcomayo Basin, Bolivia. Sci Total Environ 320: 189-209.

Mir, S. I., Karim, M. A., Ali, M. I., & Ramli, N. I. 2017. Assessment of heavy metal contents in surface sediment of the Tungguk River surrounding the industrial complex of Gebeng City. Bioresearch Communications, 3(1), 362–371.

Miragaya G (1984) Levels, Chemical Fractionation and Solubility of lead in roadside soils of Caracas Venezuela. Soil Sci 138: 147-152.

Mitchell RL, Burridge SC (1979) Trace Element in soils and crops. Phil Trans Royal Soc London B 288: 15-24.

Molamohyeddin, N., Ghafourin, H., &Sadatipour, S. M. 2017.Contamination assessment of mercury, lead, cadmium and arsenic in surface sediments of Chabahar Bay. Marine Pollution Bulletin, 124(1), 521–525.

Muller G. 1969. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine river. Geojournal. v. 2, pg. 108-118.

Navarro MC, Pere-Sirvent C, Martinez-Sanchez MJ, Vidal J, Tovar PJ, et al. (2008) Abandoned mine sites as a source of contamination by heavy metals. A Case Study in a Semi arid zone. J Geochem Explor 96: 183-193.

Nilin, J., Moreira, L. B., Aguiar, J. E., Marins, R., Moledode Souza Abessa, D., Cruz Lotufo, T. M. D., et al. 2013. Sediment quality assessment in a tropical estuary: The case of ceara´ River, Northeastern Brazil. Marine Environmental Research, 91, 89–96.

Noronha-D'Mello, C., & Nayak, G. N. 2016. Assessment of metal enrichment and their bioavailability in sediment and pneumatophores bioaccumulation by mangrove plant in a tropical (Zuari) estuary, west coast of India. Marine Pollution Bulletin, 110(1), 221–230.

Nriagu JO, Pacyna JM 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. Nature 333: 134-139.

Odigi MI, Ukrem LO, Nwankwoala HO 2011. Distribution of heavy metals in soils of Port Harcourt and its environs, Niger Delta, Nigeria. Chinese Journal of Geochemisry 30: 415-429.

Ordonez, C., Lougheed, V. L., Gardea-Torresdey, J. L., & Bain, L. J. 2011. Impact of metals on macroinvertebrate assemblages in the Forgotten stretch of the Rio Grande.Archives of Environmental Contamination and Toxicology,60, 426–436.

Park J.D., Zheng W..2012. Human exposure and health effects of inorganic and elemental mercury. J Prev Med Public Health.;45(6):344-52.

Pedersen, F., Bjørnestad, E., Andersen, H.V., Kjølholt, J., Poll, C. 1998. Characterization of sediments from Copenhagen Harbour by use of biotests. Water Science & Technology 37 (6–7), 233– 240.

Pereira, E.; Baptista-Neto, J.A.; Smith, B.J. & McAllister, J.. 2007. The contribution of heavy metal pollution derived from highway runoff to Guanabara Bay sediments – Rio de Janeiro/Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 79(4): 739-750.

Poh, S.-C., & Tahir, N. M. 2017. The common pitfall of using enrichment factor in assessing soil heavy metal pollution. Malaysian Journal of Analytical Sciences, 21, 52–59.

Praveena, S. M., Ong, W. K., & Aris, A. Z. 2012. Effect of data pre-treatment procedures on principal component analysis: A case study for mangrove surface sediment datasets. Environmental Monitoring and Assessment, 184, 6855–6868.

Price, M. H. H. 2013. Sub-lethal metal toxicity effects on salmonoids: A review. Smithers, BC: Report prepared for Skeena Wild Conservation Trust.

Radojevic´, M., & Bashkin, V. N. 2006. Practical environmental analysis (2nd ed.). Cambridge: The Royal Society of Chemistry. Redzwan, G., Halim, H. A., Alias, S. A., & Rahman, M. M. (2014). Assessment of heavy metal contamination at west and east coastal area of Peninsular Malaysia. Malaysian Journal of Science, 33, 23–31.

Reimann C. and Caritat P.1998. Chemical elements in the environment: Factsheets for the geochemist and environmental scientist. Heidelberg, Springer, 398 p.

Reimann C.and Garrett R.G. 2005. Geochemical background - concept and reality. Science of the Total Environment, 350:12-27.

Reimann, C., & de Caritat, P. 2005. Distinguishing between natural and anthropogenic sources for elements in the environment: Regional geochemical surveys versus enrichment factors. Science of Total Environment, 337, 91–107.

Reynoldson, T. B., R. H. Norris, V. H. Resh, K. E. Day & D. M. Rosenberg, 1997. The reference condition: a comparison of multimetric approaches to assess water-quality impairment using benthic macroinvertebrates. Journal of the North American Benthological Society 16: 833-852.

Rogers, C. E., D. J. Brabander, M. T. Barbour & H. F. Hemond, 2002. Use of physical, chemical, and biological indices to assess impacts of contaminants and physical habitat alteration in urban streams. Environmental Toxicology and Chemistry 21: 1156-1167.

Rowan JB, Barnes SRA, Hetherington SL, Lambers B, Parsons F (1995) Geomorphology and Pollution: The environmental impact of lead mining, Leadhills, Scotland. J Geochem Expl 52: 57-65.

Rudnick, R. L., & Gao, S. 2003. Composition of the continental crust. In R. L. Rudnick (Ed.), The crust (Vol. 3, pp. 1–64). New York: Elsevier.

Rumisha, C., Mdegela, R. H., Kochzius, M., Leermakers, M., & Elskens, M. 2016. Trace metals in the giant tiger prawn Penaeus monodon and mangrove sediments of the Tanzania coast: Is there a risk to marine fauna and public health? Ecotoxicology and Environmental Safety, 132, 77–86.

Ryan JD, Windom HL 1988 A geochemical and statistical approach for assessing metal pollution in coastal sediments. Metals in Coastal Environments of Latin America. Springer Berlin Heidelberg 47-58.

Salminen R, Gregorauskine V..2000 Considerations regarding the definition of a geochemical baseline of elements in the surficial materials in areas differing in basic geology. Applied Geochemistry 15: 647-653.

Santos, I.R., 2004. Nutrients in surface sediments of Mirim lagoon, Brazil-Uruguay border. Acta Limnologica Brasiliensia, 16(1): 85-94.

Sany, S. B. T., Salleh, A., Rezayi, M., Saadati, N., Narimany, L., & Tehrani, G. M. 2013. Distribution and contamination of heavy metal in the coastal sediments of Port Klang, Selangor, Malaysia. Water, Air, and Soil pollution, 224, 2–18.

Sany, B. T., Sulaiman, A. H., Monazami, G. H., & Salleh, A. 2011. Assessment of sediment quality according to heavy metal status in the west port of Malaysia. International Scholarly and Scientific Research & Innovation, 5, 111–115.

Saur E, Juste C 1994. Enrichment of trace elements from long- range aerosol transport in sandy podzolic soils of southwest France. Water air and soil pollution 73: 235-246.

Shafie, N. A., Aris, A. Z., Zakaria, M. P., Haris, H., Lim, W. Y., & Isa, N. M. 2013. Application of geoaccumulation index and enrichment factors on the assessment of heavy metal pollution in the sediments. Journal of Environmental Science and Health, Part A, 48, 182–190.

Sheela, A.M., Letha, J., Sabu Joseph, Ramachandran, K.K., Sanalkumar, S.P. 2010. Trophic state index of a lake system using IRS (P6-LISS III) satellite imagery, Environ Monit Assess DOI 10.1007/s10661-010-1658-2.

Sinex SA, Wright DA. 1988. Distribution of trace metals in the sediments and biota of Chesapake Bay. Mar Pollut Bull 19: 425-431.

Singh, K.P., Dinesh Mohan., Vinod, K. Singh., & Amrita Malik. 2005. Studies on distribution and fractionation of heavy metals in Gomti river sediments—a tributary of the Ganges, India. Journal of Hydrology 312, 14–27.

Siyue Li. & Quanfa, Z. 2010. Risk assessment and seasonal variations of dissolved trace elements and heavy metals in the Upper Han River, China. J. Hazard. Mater 181, 1051-1058.

Soares H. M., RAR Boaventura. and J Esteves da Silva, “Sediments as Monitors of Heavy Metal Contamination in the Ave River Basin (Portugal): Multivariate Analysis of Data”, Environmental Pollution, Vol. 105,1999, pp.311-323.

Solomons, W. & Förstner, U. 1984. Metals in the Hydrocycle.Berlin, Springer. 352 p.

Souza, V.; Hazin, C.; Fonseca, C. & Santos, S. 2015. Biodisponibilidade de Metais-traço em Sedimentos: Uma Revisão. Brazilian Journal of Radiation Sciences, 3(1A): 1-13.

Steinnes E, Njastad O 1995. Enrichment of metals in the organic surface layer of natural soil: identification of contributions from different sources. Analyst 120: 1479-1483.20,21.

Sutherland, R. A. 2000. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. Environmental Geology, 39, 611–627.

Sutherland RA, Tolosa CA, Tack FMG, Verloo MG 2000. Characterization of selected element concentrations and enrichment ratios in background and anthropogenically impacted roadside areas. Arch Environ Contam Toxicol 38: 428-438.

Szafer, P.; Szafer, K.; Glasby, G. P.; Pempkowiak, J. & Kaliszan, R. 1996. Heavy-metal pollution in surficial sediments from the Southern Baltic sea off Poland. Journal of Environmental Science and Health. Part A: Environmental Science and Engineering and Toxicology, 31(10): 2723-2754.

Swarnalatha, K., Letha, J. & Ayoob, S. 2013ª. An investigation into the heavy metal burden of Akkulam–Veli Lake in south India. Environ earth sci, DOI 10.1007/s12665-012-1780-2. 68(3),795-806.

Swarnalatha K, Letha J, Ayoob S., Sheela AM. 2013b. Identification of Si as an appropriate normaliser for estimating the heavy metals enrichment of an urban lake system. J. Environ. Management. 129: 54-61.

Tack FMG, Verloo MG, Vanmechelen L, Van Ranst E 1997. Baseline concentration levels of trace elements as a function of clay and organic carbon contents in soils in Flanders (Belgium). Sci Total Environ 201(2):113–123.

Tang, W., Shan, B., Zhang, H., Zhang, W., Zhao, Y., Ding, Y., et al. 2014. Heavy metal contamination in the surface sediments of representative limnetic ecosystems in Eastern China. Scientific Reports, 4(7152), 1–7.

Taylor SR, McLennan SM 1995. The geochemical evolution of the continental crust. Rev Geophys 33: 241-265.

Taylor MP, Mackay AK, Hudson-Edwards KA, Holz E (2010) Soil Cd, Cu, Pb and Zn Contaminant, around Isa City, Queensland, Australia: Potential Sources and risks to human health. Appl Geochem 25: 841-855.

Tessier A, Campbell PG, Bisson M 1979 Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. Anal Chem 51:844-851.

Turekian, K. K. & Wedepohl, K. H. 1961. Distribution of the elements in some major units of the earths crust. Geol Soc Am, 72, 175-192.

Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metal toxicity and the environment. Exp Suppl; 101:133-64.

Techno-Bio Consultoria e Projetos Ltda. 2012. EIA RIMA pertinente ao projeto: "Reabilitação Ambiental da Lagoa Rodrigo de Freitas por Dutos Afogados". Rio de Janeiro, 1: 517 p.

Teng Y G, Tuo X G, Zhang C J, 2002. Applying geoaccumulation index to assess heavy metal pollution in sediment: Influence of different geochmical background. Environmental Science and Technology (in Chinese), 2: 7–9, 48.

Tiller KG. 1989. Heavy Metals in Soils and Their Environmental Significance. In: B.A. S, editor. Advances in Soil Science. New York: Springer; p. 113-42.

Tomlinson, JG Wilson, CR Harris, and DW Jeffney, "Problems in the assessment of heavy metal levels in estuaries and the formation of a pollution index", Helgol. Wiss. Meeresunters, Vol.33, 1980, pp.566-572.

Tsakovski, S.; Kudłakb, B.; Simeonova, V.; Wolskab, L.; Garciad, G. & Namienikb, J. 2012. Relationship between heavy metal distribution in sediment samples and their ecotoxicity by the use of the Hasse diagram technique. Analytica Chimica Acta, 719: 16-23.

Turekian, K.K. & Wedepohl, K.H. 1961. Distribution of elements in some major units of the earth's crust. Geological Society of America Bulletin, 72(2): 175-192.

Turner, A. 2010. Marine pollution from antifouling paint particles. Marine Pollution Bulletin, 60, 159–171.

Underwood EJ 1971. Trace Elements in human and animal nutrition, New York. Academic Press 461-477.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 1995. Method 3052: Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices. In USEPA-SW-846 (Ed.), Test methods for evaluating solid waste (3rd ed.). Washington, DC: US Environmental Protection Agency.

Valko M, Morris H, Cronin MT. 2005. Metals, toxicity and oxidative stress. Curr Med Chem.;12(10):1161-208.

Wang, A. J., Bong, C. W., Xu, Y. H., Hassan, M. H. A., Ye, X., Bakar, A. F. A., et al. 2017. Assessment of heavy metal pollution in surficial sediments from a tropical river-estuary- shelf system: A case study of Kelantan River, Malaysia. Marine Pollution Bulletin, 125(1–2), 492–500.

Wei Luo., Yonglong Lu., Tieyu Wang., Wenyou Hu., Wentao Jiao., Jonathan E, Naile., Jong Seong Khim., John P, Giesy. 2010. Ecological risk assessment of arsenic and metals in sediments of coastal areas of northern Bohai and Yellow Seas, China. Ambio 39, 367–375. DOI 10.1007/s13280-010-0077-5.

Williams, J. E., C. A. Wood & M. P. Dombeck (eds), 1997. Watershed Restoration: Principles and Practices. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 561 pp.

Williams, M. R., S. Filoso, L. A. Martinelli, L. B. Lara & P. B. Camargo, 2001. Precipitation and River Water Chemistry of the Piracicaba River Basin, Southeast Brazil. Journal of Environmental Quality 30: 967-981.

Williams CH, David J (1976) The accumulation of Cadmium from Phosphorus Fertilisers and their effect on the Cadmium Content of Plants. Soil Sci 121: 86-93.

Windmöller, C.C.; Santos, R.; Athayde, M. & Palmieri, H. 2007. Distribuição e especiação de mercúrio em sedimentos de áreas de garimpo de ouro no Quadrilátero Ferrífero. Química Nova, 30(5): 1088-1094.

Wuana RA, Okieimen FE 2011. Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. ISRN Ecology International Scholarly Research Network 402647: 20.

Yang, K., & Cattle, S. R. 2016. Comtemporary sources and levels of heavy metal contamination in urban soil of Broken Hill, Australia after ad hoc land remediation. International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 32(1), 1–17.

Yongming H, Peixuan D, Junji C, Posmentier ES 2006. Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Cent, China. Sci Total Environ 355: 176-186.

Yuebing Suna., Qixing Zhoua., Xiaokui Xiea. & Rui Liua. 2010. Spatial, sources and risk assessment of heavy metal contamination of urban soils in typical regions of Shenyang, China. J. Hazard. Mater. 174, 455–462.

Yuen, J.Q., Olin, P.H., Lim, H.S., Benner, S.G., Sutherland, R.A., Ziegler, A.D. 2012. Accumulation of potentially toxic elements in road deposited sediments in residential and light industrial neighborhoods of Singapore. J. Environ Manag 101, 151-163.

Yu M-H, Tsunoda H, Tsunoda M. 2011.Environmental toxicology. Biological and Health Effects of Pollutants. Third Edition. Boca Raton, London, New York: Taylor & Francis Group, CRC Press.

Xu, X., Cao, Z., Zhang, Z., Li, R., & Hu, B. 2016. Spatial distribution and pollution assessment of heavy metals in the surface sediments of the Bohai and Yellow Seas. Marine Pollution Bulletin, 110(1), 596–602.

Zhang J, Liu CL 2002. Riverine composition and estuarine geochemistry of particulate metals in China-weathering features, anthropogenic impact and chemical fluxes. Estuar Coast Shelf Sci 54: 1051-1070.

Zhang, H.; Gao, M.; Song, A.M.; Zhao, J. & Song, M. 2012.Ecological Risk of Heavy Metals Pollution in Sediments of Beijiang River. Advanced Materials Research, 518-523: 1137-1140.

Zhao, X.-M., Yao, L.-A., Ma, Q.-L., Zhou, G.-J., Wang, L., Fang, Q.-L., et al. 2018. Distribution and ecological risk assessment of cadmium in water and sediment in Longjiang River, China: Implication on water quality management after pollution accident. Chemosphere, 194, 107–116.

Zhihao Wu., Mengchang He. & Chunye Lin. 2012. Environmental impacts of heavy metals (Co, Cu, Pb, Zn) in surficial sediments of estuary in Daliao River and Yingkuou Bay (northeast China): concentration level and chemical fraction. Environ Earth Sci DOI 10.1007/s12665-011-1466-1.

Zhongpring Y, Wenxi Lu, Yugioo Long, Xinhau B, Qingchun Y (2011) Assessment of heavy metals contamination in urban topsoil from Changchun City, China. J Geochem Explor 108: 27-38.

2.6. BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS

2.6.1. Fitoplâncton

Responsável técnica: Bióloga Esp. Daniela de Carvalho Leite Ribeiro.

O presente estudo teve como objetivo realizar a análise temporal e espacial da estrutura da comunidade de algas planctônicas em oito estações de amostragem, avaliando composição, densidade e diversidade de espécies.

2.6.1.1. Metodologia de Coleta, Preservação das Amostras e Análises

As coletas foram realizadas nos meses de novembro de 2022, fevereiro, maio e agosto de 2023.

Na coleta de Fitoplâncton, para as análises quantitativas de superfície, as amostras foram tomadas submergindo o frasco de coleta a aproximadamente 15 cm da superfície da água. Para as análises qualitativas, utilizou-se um recipiente de 20 L, submerso a aproximadamente 15 cm da superfície da água, sendo seu volume filtrado em rede de plâncton com porosidade de 30 µm.

As amostras foram acondicionadas em recipiente de polietileno de 250 mL e conservadas em formol a 4%.

A quantificação da comunidade fitoplanctônica foi realizada pelo método de UTERMÖHL (1958), utilizando câmaras de sedimentação sob microscópio invertido, a partir de amostras de água coletadas na sub-superfície da coluna d'água com auxílio de frascos de polietileno (WETZEL & LIKENS, 1991).

Para a determinação das espécies dominantes e abundantes devem ser utilizados os critérios estabelecidos por LOBO & LEIGHTON (1986), os quais consideram abundantes aquelas cuja ocorrência numérica supera a média de ocorrência dos indivíduos por espécie e dominantes as que apresentam uma ocorrência superior a 50% do total de indivíduos contados na amostra.

Também foi estimada a riqueza de espécies, o índice de diversidade de Shannon-Wiener (SHANNON & WEAVER, 1963) e a equitabilidade de Pielou (J).

2.6.1.2. Resultados

Durante as quatro campanhas amostrais, foram registradas 149 espécies de microalgas planctônicas, distribuídas em 8 classes: Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae e Zygnemaphyceae (Quadro 164). As maiores densidades registradas nesse ano de coleta, foram representadas pelas diatomáceas e clorofíceas. A classe Chrysophyceae foi observada nas amostras coletas apenas na campanha realizada na primavera (novembro/2022), (

Figura 125).

Quadro 164 - Táxons identificados nos oitos pontos de coletas no período amostral de novembro de 2022 a agosto de 2023

Táxons encontrados de nov/22 a ago/23		
Bacillariophyceae	*Chlorella vulgaris*	Cryptophyceae sp.2
Achnanthidium exiguum	Chlorococcales sp.	Cryptophyceae sp.3
Achnanthidium minutissimum	Chlorophyceae colonial sp.1	*Rhodomonas lacustris*
Amphipleura lindheimeri	Chlorophyceae colonial sp.2	**Cyanobacteria**
Amphora sp.	Chlorophyceae unicelular sp.1	*Aphanocapsa delicatissima*
Aulacoseira granulata	Chlorophyceae unicelular sp.2	*Chroococcus limneticus*
Capartogramma crucicula	Chlorophyceae unicelular sp.3	*Chroococcus* sp.
cf. *Cratícula* sp.	*Desmodesmus brasiliensis*	*Chroococcus turgidus*
cf.*Planothidium* sp.	*Desmodesmus* cf. *communis*	Cyanophyceae colonial sp.
Cocconeis placentula	*Desmodesmus opoliensis*	*Dolichospermum* sp.
Cyclotella meneghiniana	*Desmodesmus quadricauda*	Filamentosa
Cymbella tumida	*Desmodesmus* sp.	Filamentosa 2
Encyonema minutum	*Desmodesmus* sp.3	*Leptolyngbya* sp.
Encyonema sp.	*Desmodesmus* sp.4	*Limnococcus* sp.
Eunotia exigua	*Dictyosphaerium pulchellum*	*Merismopedia elegans*
Eunotia sp.	*Dictyosphaerium* sp.	*Merismopedia* sp.
Fragilaria capucina	*Eudorina elegans*	*Merismopedia* sp.2
Fragilaria sp.	Filamentosa	*Oscillatoria* sp.
Gomphonema cf. *gracile*	*Koliella* sp.	*Oscillatoria* sp.2
Gomphonema parvulum	*Monoraphidium arcuatum*	*Phormidium* sp.
Gomphonema sp.	*Monoraphidium contortum*	*Pseudoanabaena* cf. *minima*
Gyrosigma cf. *acuminatum*	*Monoraphidium irregulare*	*Pseudoanabaena* sp.
Hantzschia sp.	*Monoraphidium minutum*	*Synechocystis* sp.
Melosira varians	*Monoraphidium nanum*	**Dinophyceae**
Navicula cryptocephala	*Monoraphidium tortile*	*Ceratium furcoides*
Navicula cryptotenella	*Oocystis* sp.	**Euglenophyceae**
Navicula sp.2	*Pandorina morum*	*Euglena acus*
Navicula sp.3	*Pediastrum simplex*	*Lepocinclis* sp.
Nitzschia acicularis	*Pediastrum* sp.	*Phacus* sp.
Nitzschia cf. *gracilis*	*Scenedesmus* cf. *acuminatus*	*Trachelomonas armata*
Nitzschia cf.*amphibia*	*Scenedesmus* cf. *obliquos*	*Trachelomonas planctônica*
Nitzschia palea	*Scenedesmus ecornis*	*Trachelomonas* sp.2
Nitzschia reversa	*Scenedesmus quadricauda*	*Trachelomonas* sp.3
Nitzschia sigmoidea	*Scenedesmus* sp.1	*Trachelomonas* sp.4
Nitzschia sp.3	*Scenedesmus* sp.2	*Trachelomonas volvocina*
Pennales sp.2	*Scenedesmus* sp.3	*Trachelomonas volvocinopsis*

Pennales sp.3
Pennales sp.4
Pennales sp.6
Pennales sp.7
Pinnularia cf. *gibba*
Pinnularia sp.2
Pinnularia sp.3
Sellaphora pupula
Surirella tenera
Synedra cf. *acus*
Ulnaria ulna

Chlorophyceae

Ankistrodesmus fusiformis
Ankistrodesmus sp.
Chlamydomonas sordida
Chlamydomonas sp.1
Chlamydomonas sp.2
Scenedesmus sp.4
Scenedesmus sp.5
Scenedesmus sp.6
Scenedesmus sp.7
Scenedesmus sp.8
Scenedesmus sp.9
Scenedesmus sp.11
Sphaerocystis sp.
Tetraedron sp.
Tetraedron triangulare
Tetrastrum sp.

Chrysophyceae

Mallomonas sp.1

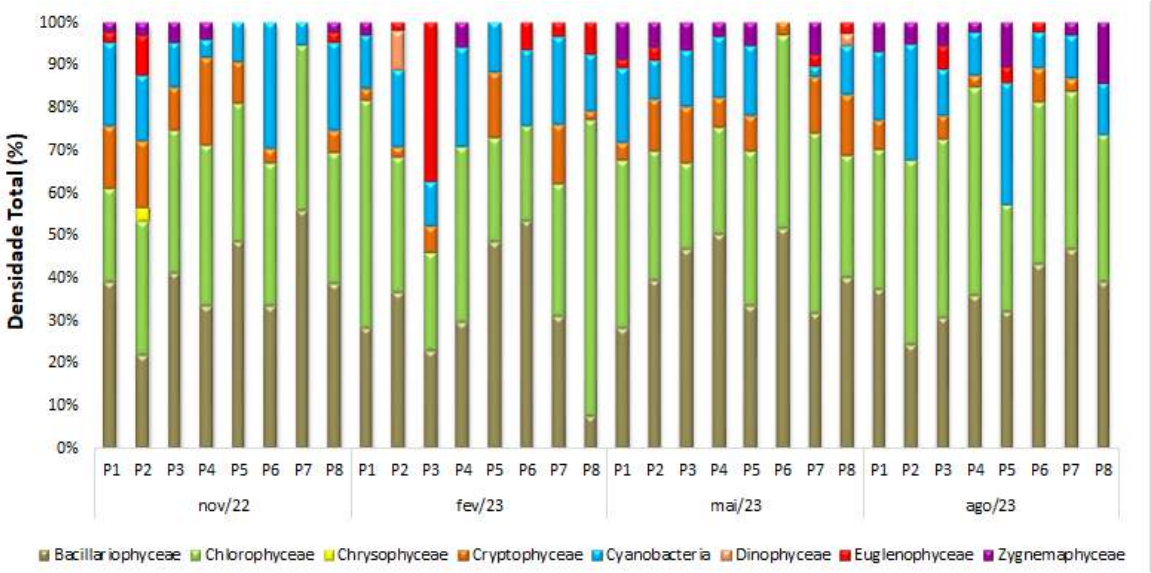
Cryptophyceae

Cryptomonas erosa
Cryptomonas sp.1
Cryptomonas cf. *marssonii*

Zygnemaphyceae

Closterium cf. *kuetzingii*
Closterium sp.2
Closterium sp.3
Cosmarium sp.1
Cosmarium sp.3
Cosmarium sp.5
Cosmarium sp.7
Cosmarium sp.8
Cosmarium sp.9
Cosmarium sp.10
Euastrum sp.
Mougeotia sp.
Spirogyra sp.
Staurodesmus sp.

Figura 125 - Densidade relativa dos grupos da comunidade fitoplanctônica observada nos pontos de coleta, no período de novembro de 2022 a agosto de 2023



Os valores de riqueza variaram de 9 a 25 táxons identificados durante essa campanha (2022/2023). O menor valor (9 táxons) foi registrado na coleta de verão no ponto 4, já o maior valor (25 táxons) foi registrado na coleta de outono, no ponto 8 (Figura 126).

Considerando os valores de densidade no âmbito temporal, a maior variação foi observada na coleta realizada no verão de 2023, esses valores variaram de 606,7 ind.mL^{-1} a 161,6 ind.mL^{-1} , nos pontos 8 e 4 respectivamente (Figura 127).

O maior valor de diversidade de Shannon (3,1) foi apresentado pelo ponto 8, na coleta de agosto. Já o menor valor (2,1) observou-se na coleta de fevereiro no ponto 4 (figura 128).

Os valores da equitabilidade variaram entre 91 e 97 (Figura 129).

Durante o período de coleta analisado nesse trabalho, diferentes microalgas foram observadas, no entanto algumas destacaram-se como os organismos pertencentes à classe Chlorophyceae. Entre as clorofíceas o gênero *Monoraphidium* sobressai, de acordo com Bicudo & Menezes (2017), esse gênero é um dos mais cosmopolitas entre as chlorococalles, podendo ser coletados em ambientes oligo a mesotróficos.

A Cyanophyceae *Aphanocapsa delicatissima* também está em destaque entre as microalgas abundantes nesse período de campanha amostra (2022-2023). De acordo com Bunn *et al.*(2003),as cianobactérias componentes significativos de comunidades bentônicas, perifíticas e flutuantes, contribuindo para a produtividade dos ecossistemas aquáticos e, em alguns casos,

fornecendo a maior parte das fontes de carbono que sustentam as cadeias alimentares aquáticas. Sendo assim encontradas facilmente em diferentes ambientes.

Figura 126 - Riqueza de espécies fitoplanctônicas, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023

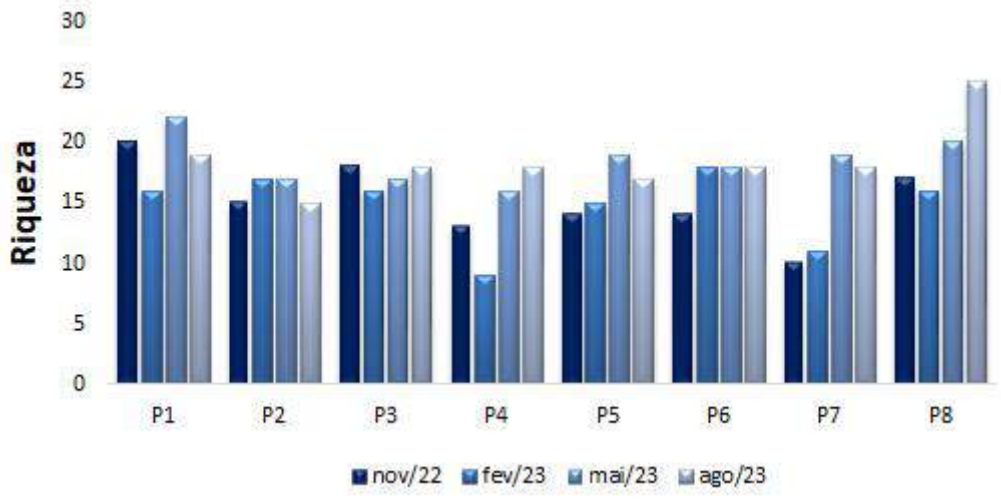


Figura 127 - Densidade total da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023

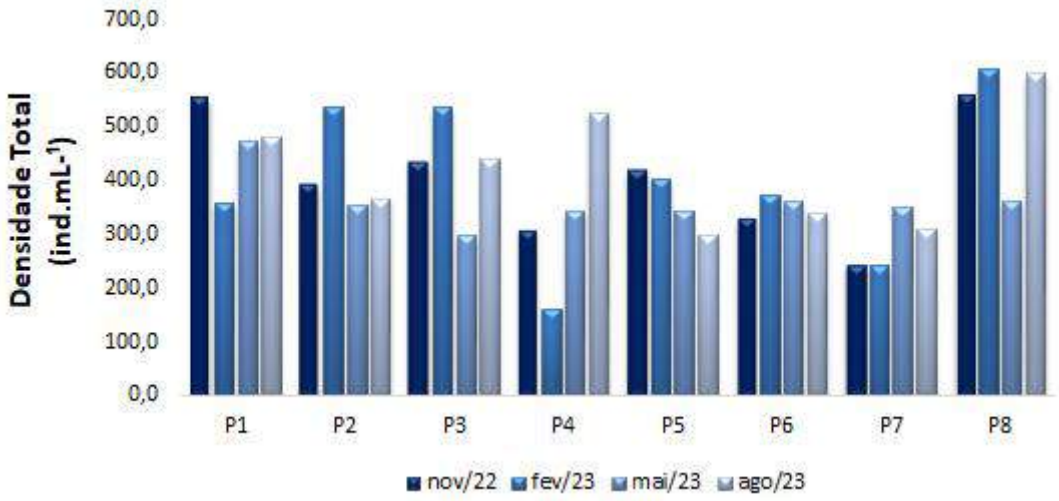


Figura 128 - Índice de diversidade de Shannon da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023

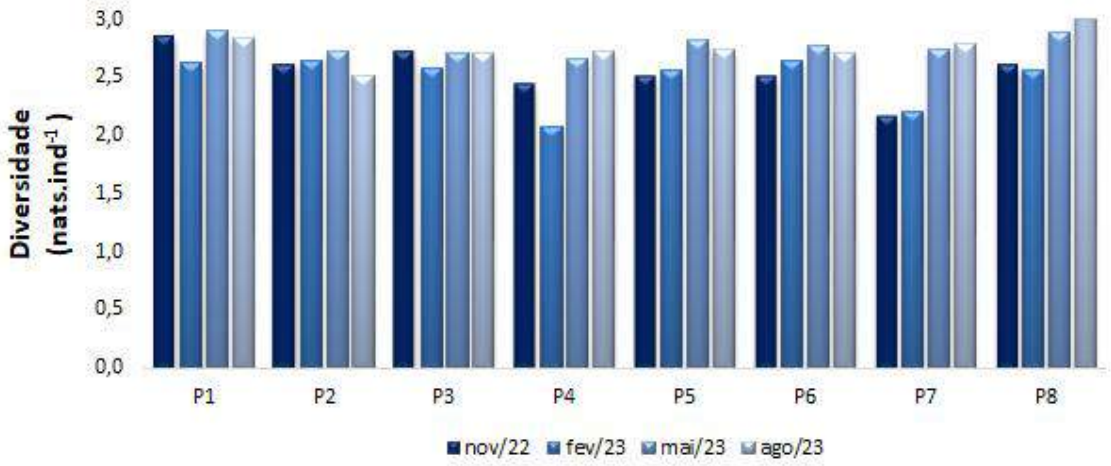
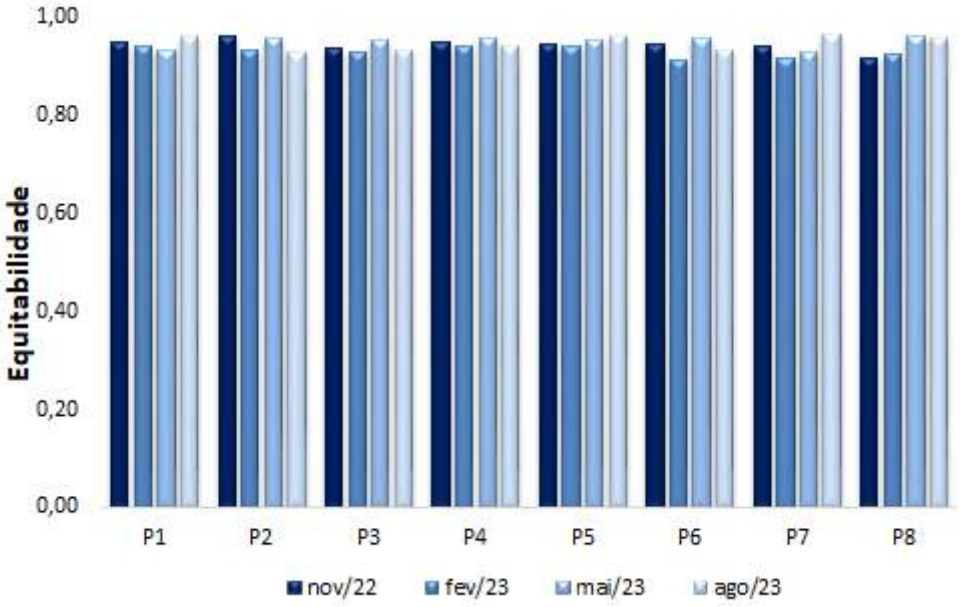


Figura 129 - Equitabilidade da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023



Quadro 165 - Principais táxons abundantes identificados nos oitos pontos de coletas no período amostral de novembro de 2022 a agosto de 2023 (Destacado somente táxons abundantes em 3 ou mais pontos amostrais)

	Táxon	**nov/22**	**fev/23**	**mai/23**	**ago/23**
BAC	*Achnanthidium minutissimum*		X^3	X^3	
BAC	*Navicula cryptotenella*			X^3	
BAC	*Nitzschia palea*			X^3	X^4
BAC	*Ulnaria ulna*				X^4
CHL	Chlorococcales 1			X^3	
CHL	Chlorophyceae unicelular sp.1	X^3			
CHL	Chlorophyceae unicelular sp.2		X^3		
CHL	*Monoraphidium arcuatum*	X^4			X^6
CHL	*Monoraphidium minutum*			X^3	
CRY	*Rhodomonas lacustris*	X^3		X^5	
CYA	*Aphanocapsa delicatissima*	X^3			X^4
CYA	*Chroococcus* sp.	X^3			

* X^n n=número de pontos em que é abundante.

Na análise qualitativa referente ao período amostral 2022-2023, foram identificados 87 táxons (

Figura 274). A riqueza variou de 12 organismos identificados no ponto 7, na coleta de outono a 25 táxons no ponto 8, na coleta de inverno.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 166 - Análise qualitativa. Relação da presença e riqueza fitoplanctônica nos oitos pontos de coletas no período amostral de novembro de 2022 a agosto de 2023

	Novembro								Fevereiro								Maio								Agosto							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Bacillariophyceae																																
Achnanthidium minutissimum		x			x		x			x			x			x	x			x		x				x			x		x
Amphipleura lindheimeri		x				x					x		x				x			x	x			x					x			
Amphora sp.	x				x				x		x											x				x						
Aulacoseira granulata			x					x			x	x		x				x					x	x			x			x	x	
Bacillariophyceae cêntrica 2			x											x																		
Centralles sp.1				x								x			x										x		x	x				
cf. Stenopterobia sp.										x																			x			
Cocconeis placentula			x					x								x					x					x			x			x
Diploneis sp.			x	x				x		x			x								x								x		x	x
Encyonema minutum		x			x									x			x					x		x	x			x				
Eunotia exigua			x		x	x					x	x		x		x			x						x	x					x	
Fragilaria sp.	x						x		x		x			x			x						x			x						x
Gomphonema parvulum		x							x								x	x	x								x			x		
Gomphonema sp.					x			x			x		x		x					x	x				x				x		x	
Gyrosigma sp.	x		x		x	x			x	x		x			x	x			x				x	x				x				x
Melosira varians			x			x		x									x									x						
Navicula cryptotenella				x								x						x	x								x	x				x
Navicula sp.4	x				x			x		x			x			x													x			
Nitzschia acicularis																								x								
Nitzschia palea	x		x			x			x		x				x					x			x						x			
Pennales sp.5				x			x					x																				x
Pinnularia cf. *gibba*	x																							x								
Stauroneis sp.																														x			
Surirella sp.3		x			x				x																							
Chlorophyceae																																
Ankistrodesmus fusiformis	x			x				x			x	x							x								x					
Ankistrodesmus sp.								x										x						x	x		x				x	
Chlamydomonas sp.2	x				x		x							x			x						x			x						x
Chlorococcales sp.			x			x				x				x								x						x		x		x
Chlorophyceae colonial sp.2		x					x																	x					x			
Chlorophyceae filamentosa sp.1	x																									x						
Chlorophyceae filamentosa sp.2					x							x																	x			
Chlorophyceae unicelular sp.4						x								x		x																x
Chlorophyceae unicelular sp.6																																
Coelastrum sp.								x																	x	x					x	
Desmodesmus sp.4		x	x			x			x		x	x				x				x		x	x	x				x	x	x		x
Dictyosphaerium pulchellum													x			x	x	x								x			x			
Eudorina elegans			x							x			x		x				x													
Koliella sp.																						x							x			
Monoactinus simplex	x			x			x						x	x																	x	
Monoraphidium arcuatum	x		x	x	x			x		x				x	x		x	x				x	x		x	x		x		x	x	x
Monoraphidium irregulare					x		x	x								x				x			x									
Oocystis sp.			x								x		x	x				x	x		x				x	x		x	x			x
Scenedesmus sp.1			x		x		x	x		x	x						x															
Scenedesmus sp.10				x													x											x				
Scenedesmus sp.11	x			x			x	x	x		x	x		x		x			x			x		x		x	x			x		
Scenedesmus sp.2		x		x		x				x				x						x										x		x
Sphaerocystis sp.		x												x				x		x				x						x		
Tetraedron sp.					x	x	x								x													x		x		
Tetraedron triangulare	x								x								x															
Tetrastrum elegans								x																						x			
Ulothrix sp.	x							x						x							x									x	x		x
Chrysophyceae																																
Chrysophyceae sp.3				x																						x						
Mallomonas sp.		x												x			x					x										x
Synura sp.	x																															
Cryptophyceae																																
Cryptomonas erosa				x						x			x						x	x	x				x							
Cryptophyceae sp.						x			x			x		x										x							x	
Cryptophyceae sp.2									x																			x				
Rhodomonas lacustris	x			x						x				x	x			x	x		x	x		x				x	x	x		x
Rhodomonas sp.											x															x					x	

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Cyanophyceae																														
Aphanocapsa delicatissima	X	X			X	X	X	X	X						X	X				X					X	X	X	X			
Chroococcus turgidus										X		X	X												X				X	X
Cyanophyceae colonial sp.		X		X							X							X	X	X				X						
Dolichospermum sp.																					X				X				X		
Filamentosa					X							X		X		X						X									
Geitlerinema sp.								X		X																X				X	
Merismopedia sp.			X						X		X	X			X						X	X	X	X		X	X	X	X		X
Oscillatoriales sp.2				X				X	X										X						X						
Oscillatoriales sp.3	X						X								X		X	X											X		
Pseudoanabaena sp.	X			X																				X							X
Dinophyceae																															
Ceratium furcoides		X			X	X				X				X		X	X				X	X				X				X	
Dinoflagelado				X																			X	X			X				
Euglenophyceae																															
Euglena acus										X											X										X
Euglena sp.2									X						X		X											X	X		
Phacus longicauda			X																X												
Strombomonas sp.1																		X						X							
Trachelomonas sp.2	X				X							X	X				X														
Trachelomonas volvocina	X										X	X	X											X		X					
Zygnemaphyceae																															
Closterium moniliferum				X			X	X						X	X	X	X					X									
Closterium sp.1					X							X								X			X			X				X	
Closterium sp.5						X											X		X	X									X		
Cosmarium sp.2			X			X		X	X			X			X			X						X			X		X		
Cosmarium sp.3							X			X	X		X										X				X				
Cosmarium sp.8			X	X				X					X					X						X			X			X	
Euastrum sp.							X										X				X								X		
Spirogyra sp.		X					X								X	X					X					X				X	
Staurodesmus sp.		X					X				X						X				X						X				
Zygnemaphyceae filamentosa																								X							X
Riqueza Total	21	15	18	19	19	15	17	21	16	17	18	18	17	19	15	15	21	14	14	13	15	14	12	17	13	20	18	16	20	16	14	25

Considerando-se a estrutura da comunidade fitoplanctônica espacialmente (Figura 131), destaca-se os pontos amostrais 7 e 8 em relação à equitabilidade e diversidade. Já o ponto 4 destaca-se nos parâmetros riqueza, densidade e diversidade. Os outros pontos amostrais foram muito semelhantes entre si. Em relação a escala temporal, é possível afirmar que a densidade e a riqueza apresentaram uma maior variação de valor no período do verão (Figura 132)

Figura 130 - Imagens das microalgas *M.arcuatum* (A) e *A.delicatissima* (B).Imagens retiradas dos sites Algabase e Cetesb, respectivamente

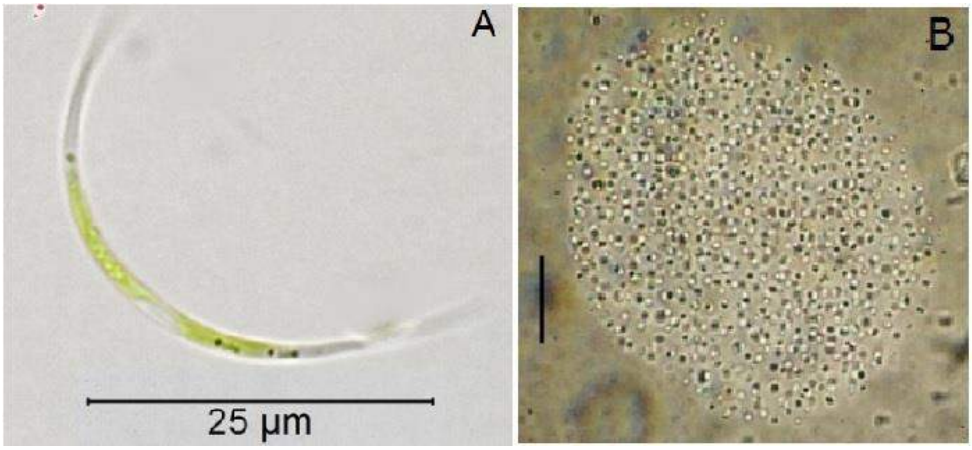


Figura 131 - Boxplot (medianas, quartis, n = 4) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.mL-¹) da comunidade fitoplanctônica observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023

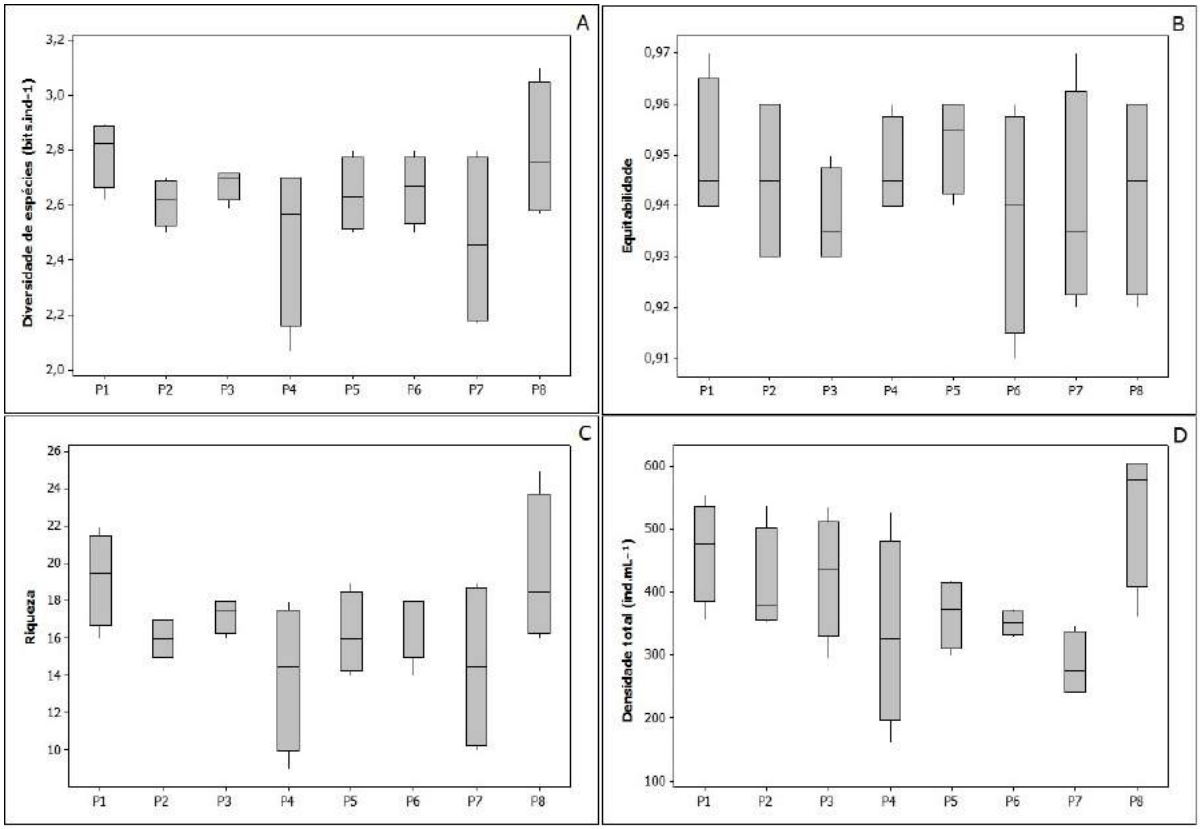
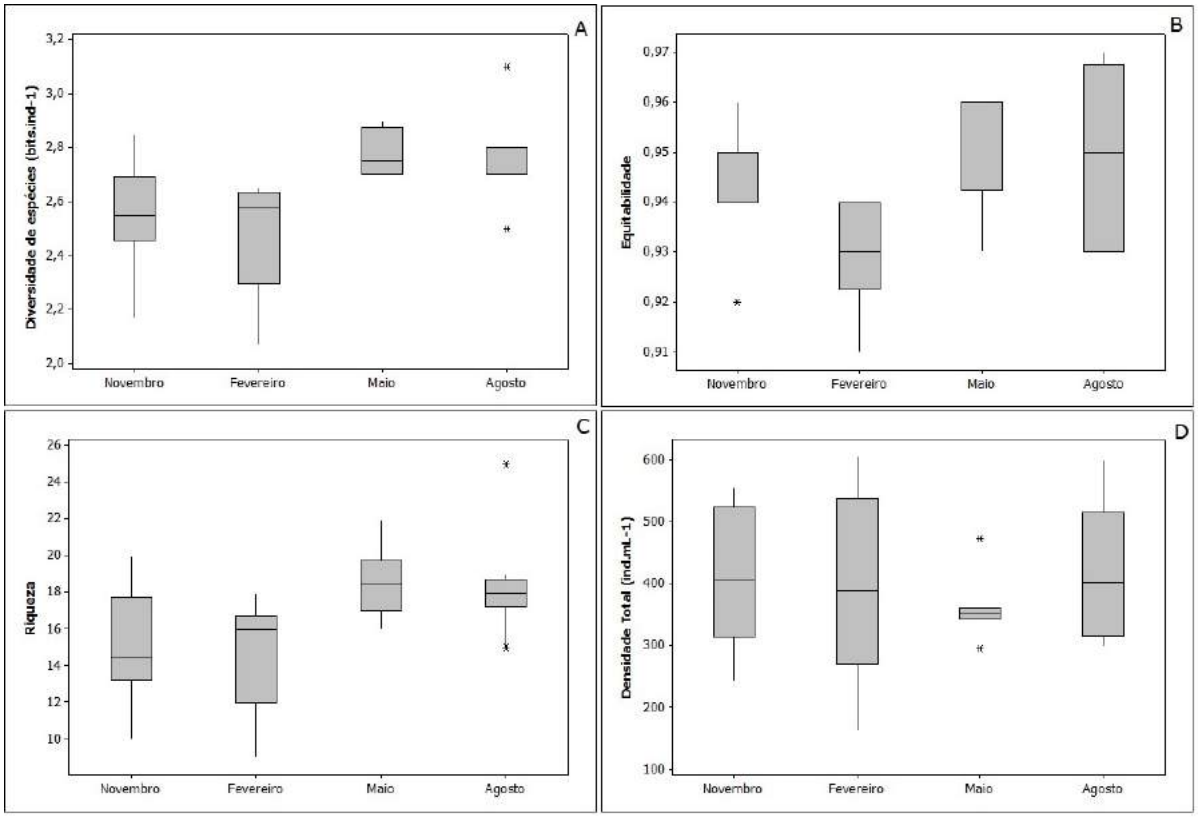


Figura 132 - Boxplot (medianas, quartis, n = 8) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.mL-¹) da comunidade fitoplanctônica observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023



2.6.1.3. Referências bibliográficas

Bicudo, C.E.M & Menezes, M. 2017. Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil.Ed. Rima, 3ªEdição. São Paulo, Brasil.

Bunn, S.E, Davies PM, Winning ME. 2003. Sources of organic carbon supporting the food web of an arid zone fl oodplain river. Freshwater Biology 48:619-635

Lobo, E.A. & Leighton, G. 1986. Estruturas comunitarias de las fitocenoses planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. Rev. Biol. Mar., 22: 1-29.

Rodrigues, S.C.;Torgan, L. & Schwarzbold A. 2007. Composição e variação sazonal da riqueza do fitoplâncton na foz dos rios do delta do Jacuí, RS,Brasil. Acta Botânica 21 (3), 707-721.

Shannon, C.E., Weaver, W. 1963. The Mathematical Theory of Communication. Illinois University Press: Urbana, USA.

Utermöl, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol., 9: 1-38.

Wetzel, R. G. & Likens, E. 1991. Limnological Analysis. Springer-Verlag, New York. 391 p.

http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB4/PCD3220/htmls/58.html, visitado em 13/12/2023.

https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2015/01/atlas-ciano-mar-2014.pdf

https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=uf8ea5f57ce4320d7

2.6.2. Perifiton

Responsável técnica: Bióloga Esp. Daniela de Carvalho Leite Ribeiro.

O presente estudo teve como objetivo realizar a análise temporal e espacial da estrutura da comunidade de algas perifíticas em sete estações de amostragem, avaliando composição, densidade e diversidade de espécies durante o período de novembro de 2022 a agosto de 2023.

2.6.2.1. Metodologia de Coleta, Preservação das Amostras e Análises

A coleta do Perifíton segue as recomendações de Round (1993) e Kelly *et al.* (1998). Foram coletados, em cada estação amostral, cinco seixos, dos quais foram raspados 25 cm^2 de material de cada seixo, formando uma amostra composta de 125 cm^2. O material foi coletado de seixos submersos e orientados para a velocidade da corrente. A remoção do Perifíton se deu com o auxílio de uma escova de cerdas flexíveis, sendo o mesmo acondicionado em frascos com água destilada e fixado com formalina (Round, 1993; Lobo *et al.*, 1995; Kelly *et al.*, 1998). Não foi possível amostrar a comunidade perifíticas no ponto 5, por se tratar de um ambiente sem a presença de seixos.

A quantificação das algas epilíticas foi realizada pelo método de Utermöhl (1958), utilizando câmaras de sedimentação sob microscópio invertido. Foram utilizadas câmaras de sedimentação de 2 ml e o material foi deixado sedimentar por no mínimo 24 horas. Cada célula, filamento ou cenóbio foi considerado um indivíduo. Estimou-se o número de indivíduos por cm^2 utilizando a fórmula de Wetzel & Likens (1991) modificada por Schwarzbold (1992), conforme segue:

$$\mathbf{N = [(n * V)/v] * (1/S)}$$

onde:

N = número de indivíduos por cm^2

n = número total de indivíduos contados

V = volume da amostra com material raspado

v = volume dos campos contados

S = superfície do substrato em cm^2

Também foi estimada a riqueza de espécies, o índice de diversidade de Shannon-Wiener e a equidade de Pielou (J). A determinação das espécies dominantes e abundantes seguiu o critério de Lobo & Leighton (1986), sendo consideradas espécies abundantes aquelas cujas densidades superam a densidade média de cada amostra e, dominantes, as que apresentam densidades maiores do que 50% da densidade total da amostra.

2.6.2.2. Resultados

Nesse ano de campanha foram registrados 177 táxons de algas (Quadro 167), pertencentes às classes Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae e Zygnemaphyceae. Somente um táxon da classe Chrysophyceae foi observado nas amostras analisadas, *Mallomonas* sp.

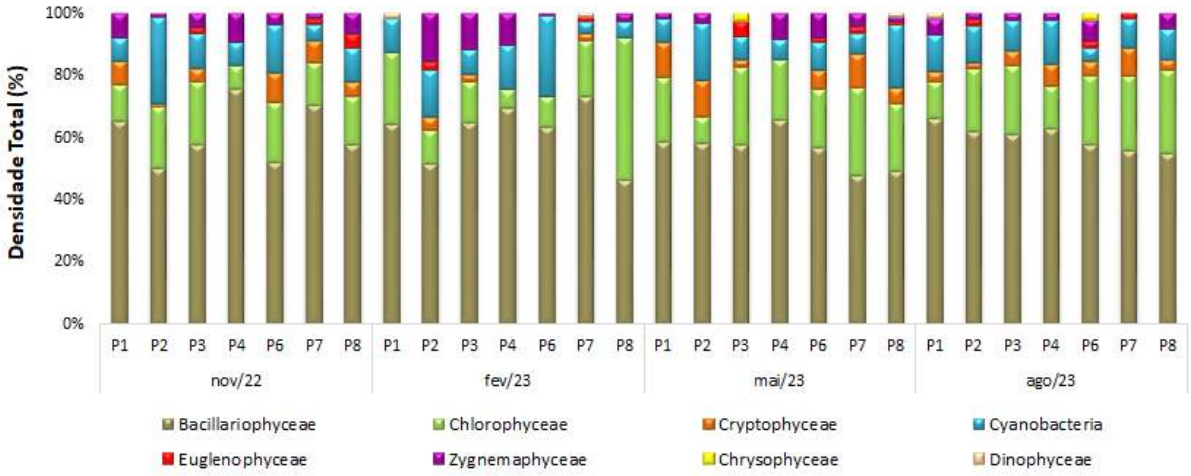
Quadro 167 - Táxons identificados nos sete pontos de coletas no período amostral de novembro de 2022 a agosto de 2023

Táxons encontrados de nov/22 - ago/23		
Bacillariophyceae	*Surirella* sp.3	*Rhodomonas* cf. *lacustris*
Achnantes cf. *inflata*	*Surirella tenera*	**Cyanophyceae**
Achnantes sp.	*Synedra acus*	*Aphanocapsa delicatissima*
Achnanthidium exiguum	*Ulnaria ulna*	*Aphanocapsa* sp.
Achnanthidium minutissimum	**Chlorophyceae**	cf. *Romeria* sp.
Amphipleura lindheimeri	*Ankistrodesmus fusiformis*	*Chroococcus limneticus*
Amphora sp.	*Ankistrodesmus gracile*	*Chroococcus* sp.
Aulacoseira cf. *tenella*	*Chlamydomonas* cf. *sordida*	*Chroococcus* sp.2
Aulacoseira granulata	*Chlamydomonas* sp.	*Chroococcus turgidus*
Bacillariophyceae sp	*Chlorella vulgaris*	Cyanophyceae colonial N.I
cf. *Anomoeoneis* sp.	Chlorophyceae colonial	*Dolichospermum* sp.
cf. *Cymbopleura naviculiformes*	Chlorophyceae colonial	Filamentosa sp.1
cf. *Cymbopleura* sp.	Chlorophyceae colonial	Filamentosa sp.2
cf. *Saturosira* sp.	Chlorophyceae filamentosa sp.2	Filamentosa sp.3
Cocconeis placentula	Chlorophyceae filamentosa sp.3	*Leptolyngbya*
Cyclotella menghiniana	Chlorophyceae unicelular sp.2	*Merismopedia* sp.
Cymbella cf. *cymbiformis*	Chlorophyceae unicelular sp.4	*Merismopedia* sp.2
Cymbella sp.	*Closteriopsis* sp.	*Merismopedia tenuissima*

Cymbella sp.3	*Coelastrum* sp.	Oscilatorialles sp.2
Cymbella tumida	*Crucigenia quadrata*	*Oscillatoria* sp.
Diplonei oblongella	*Desmodesmus bicaudatus*	*Oscillatoria* sp.2
Encyonema minutum	*Desmodesmus brasiliensis*	*Oscillatoria* sp.3
Encyonema sp.	*Desmodesmus* cf. *armatus*	*Phormidium* sp.
Eunotia bilunaris	*Desmodesmus* cf. *communis*	*Planktolyngbya limnetica*
Eunotia exigua	*Desmodesmus opoliensis*	*Pseudanabaena* sp.
Eunotia sp.	*Desmodesmus quadricauda*	*Pseudoanabaena* cf.*minima*
Fragilaria capucina	*Dictyosphaerium pulchellum*	*Synechococcus* sp.
Fragilaria sp.	*Dictyosphaerium* sp.	*Synechococystis* sp.
Gomphonema parvulum	*Eudorina elegans*	**Dinophyceae**
Gomphonema sp.1	*Kirchneriella* sp.	*Ceratium furcoides*
Gomphonema sp.2	*Koliella* sp.	Dinophyceae sp.1
Gomphonema sp.3	*Monoactinus simplex*	*Peridinium* sp.1
Gyosigma cf. *acuminatum*	*Monoraphidium arcuatum*	*Peridinium* sp.2
Hantzschia sp.	*Monoraphidium contortum*	**Euglenophyceae**
Hydrosera whampoensis	*Monoraphidium irregulare*	*Euglena* cf. *acus*
Luitocola geopartiana	*Monoraphidium minutum*	*Euglena* sp.2
Melosira varians	*Monoraphidium nanum*	Euglenophyceae sp.
Navicula cryptocephala	*Monoraphidium tortile*	*Phacus* sp.
Navicula cryptotenella	*Oocystis* sp.	*Phacus* sp.2
Navicula sp.3	*Pandorina morum*	*Trachelomonas* sp.3
Navicula sp.4	*Pediastrum simplex*	*Trachelomonas volvocina*
Neidium sp.	*Scenedesmus acuminatus*	*Trachelomonas volvocinopsis*
Nitzschia acicularis	*Scenedesmus ecornis*	**Zygnemaphyceae**
Nitzschia cf. *amphibia*	*Scenedesmus* sp.2	*Closterium moniliferum*
Nitzschia clausii	*Scenedesmus* sp.4	*Closterium* sp.1
Nitzschia palea	*Scenedesmus* sp.5	*Closterium* sp.2
Nitzschia reversa	*Scenedesmus* sp.6	*Closterium* sp.3
Nitzschia sigmoidea	*Scenedesmus* sp.7	*Cosmarium* sp.1
Nitzschia sp.	*Scenedesmus* sp.8	*Cosmarium* sp.2
Nitzschia sp.3	*Sphaerocystis* sp.	*Cosmarium* sp.3
Pennales sp.2	*Tetraedron* sp.	*Cosmarium* sp.4
Pennales sp.3	*Tetraedron triangulare*	*Cosmarium* sp.5
Pennales sp.4	*Tetrastrum* sp.	*Cosmarium* sp.9
Pennales sp.6	*Ulothrix* sp.	*Cosmarium* sp.10
Pennales sp.8	**Chrysophyceae**	*Micrasterias* sp.
Pinnularia cf. *gibba*	*Mallomonas* sp.	*Mougeotia* sp.
Pinnularia sp.2	**Cryptophyceae**	*Spirogyra* sp.
Pinnularia sp.3	Cryptophyceae sp.1	*Staurastrum* sp.
Sellaphora pupula	*Cryptomonas curvata*	*Staurodesmus* sp.

Sellaphora sp.	*Cryptomonas erosa*	Zygnemaphyceae filamentosa
Stauroneis sp.	*Cryptomonas ovata*	
Surirella sp.2	*Cryptomonas* sp.2	

Figura 133 - Densidade relativa dos grupos da comunidade perifítica observada nos pontos de coleta, no período de novembro de 2022 a agosto de 2023



A riqueza específica no período amostral analisado nesse relatório, variou de 17 a 33 táxons identificados (figura 134). O menor valor de riqueza foi registrado na coleta de fevereiro, já o maior valor na coleta de maio, todos no ponto 8.

A coleta realizada no inverno, registrou o menor valor médio de densidade (831,7 ind cm^{-2}), já a maior média foi registrada na coleta do verão (1759,3 ind cm^{-2}), (Figura 135).

O índice de diversidade de Shannon variou de 3,3 a 2,6. O menor valor de equitabilidade (0,89) foi apresentado pelo ponto 7 na campanha do verão. Já o maior valor (0,96) foi observado com maior representatividade na coleta do outono (Figura 137).

Entre os abundantes observados durante a campanha (2022-2023), os organismos da classe Bacillariophyceae, destacaram-se as diatomáceas liberam mucilagem através da rafe, rimopórtulas e poros na região apical, facilitando a adesão das frústulas a diferentes tipos de substratos. Esta estratégia contribui para a representatividade das diatomáceas na comunidade perifítica (Round et al. 1990, Lowe 1996).

Figura 134 - Riqueza de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023

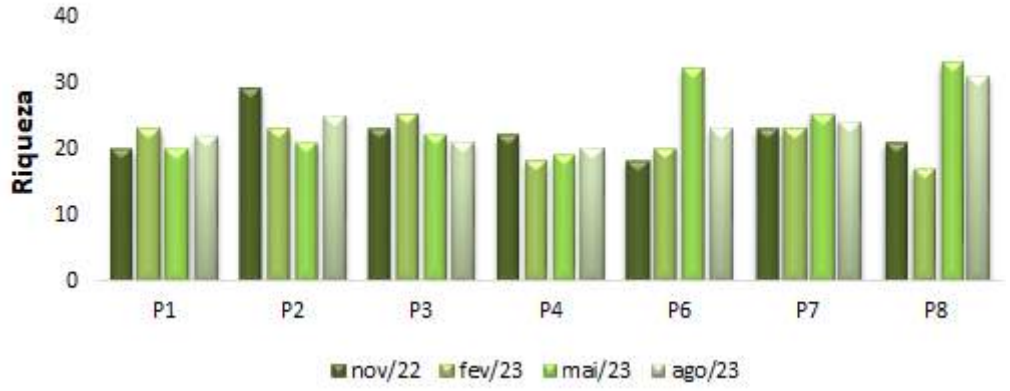


Figura 135 - Densidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023

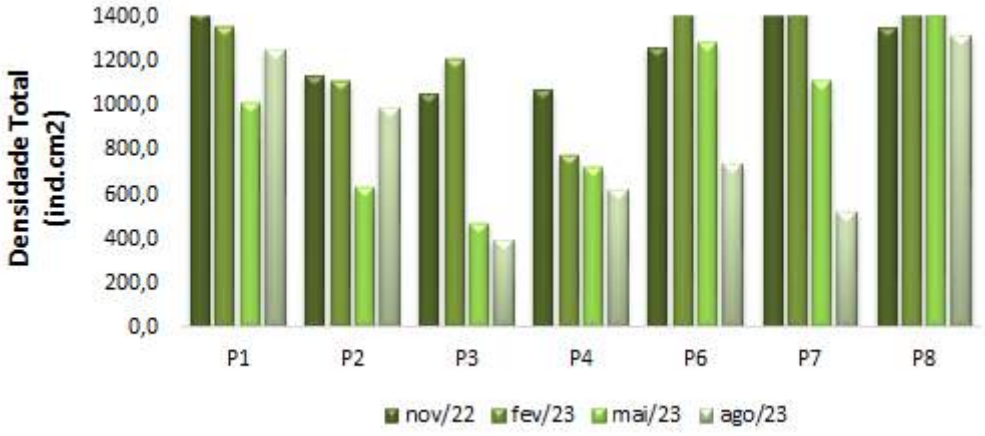


Figura 136 - Índice de diversidade de Shannon da comunidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023

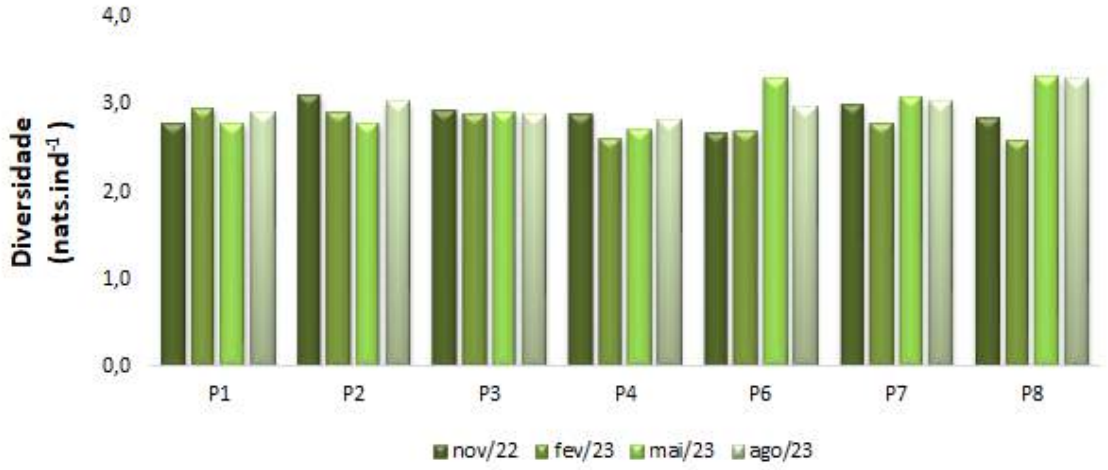
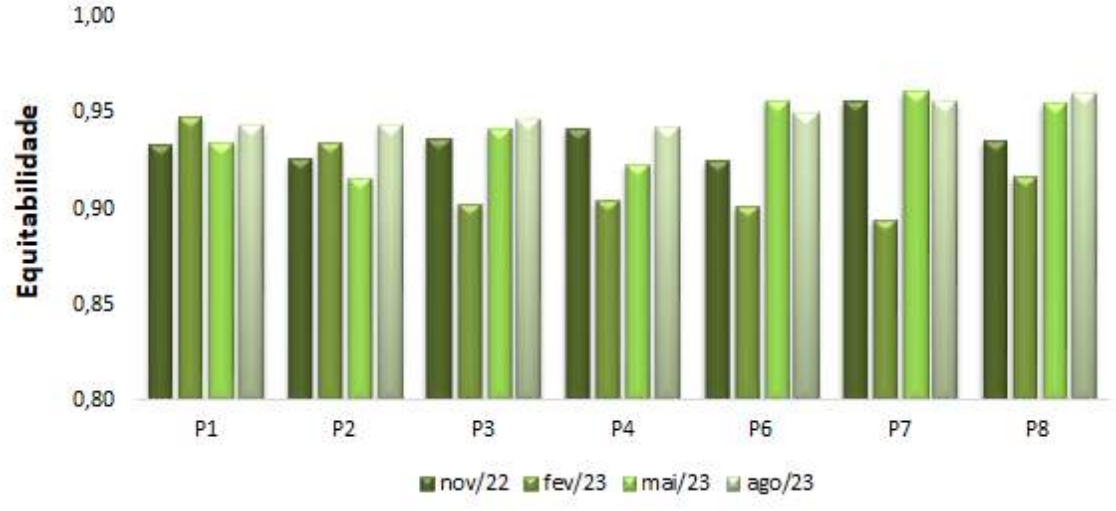


Figura 137 - Equitabilidade da comunidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023



Quadro 168 - Principais táxons abundantes identificados nos sete pontos de coletas no período amostral de novembro de 2022 a agosto de 2023 (Destacado somente táxons abundantes em 3 ou mais pontos amostrais)

		nov/22	**fev/23**	**mai/23**	**ago/23**
BAC	*Achnanthidium minutissimum*	X^4		X^5	X^3
BAC	*Cymbella tumida*	X^3	X^3	X^4	
BAC	*Gomphonema parvulum*			X^6	X^4
BAC	*Navicula cryptocephala*	X^3			
BAC	*Nitzschia acicularis*		X^5		
BAC	*Nitzschia palea*	X^5	X^6	X^5	X^6
BAC	*Ulnaria ulna*	X^5			X^6
CHL	Chlorophyceae colonial 2				
CHL	*Monoraphidium arcuatum*			X^5	
CHL	*Monoraphidium minutum*				
CRY	*Rhodomonas* cf. *lacustris*	X^4		X^5	
CYA	*Aphanocapsa delicatissima*			X^3	
CYA	*Chroococcus* sp.			X^3	
CYA	*Merismopedia tenuissima*	X^3			

* X^n n=número de pontos em que é abundante

Considerando a escala espacial, é possível observar que os pontos amostrais 6 e 8 apresentaram uma variação semelhante em relação à diversidade e riqueza de espécies. Já a equitabilidade e a densidade de espécies apresentaram variação semelhante nos pontos 6,7 e 8. Com relação a escala temporal é possível aferir que os parâmetros analisados sofreram alguma interferência. Destaca-se densidade e equitabilidade na coleta realizada no verão, já riqueza e diversidade sofreram uma maior influência na coleta de outono. Salienta-se o mês de novembro na diversidade e na riqueza, e fevereiro na densidade onde há um valor fora do quartis (Figura 139)

Figura 138 - Boxplot (medianas, quartis, n = 4) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-1), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.cm^2) da comunidade perifítica observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023

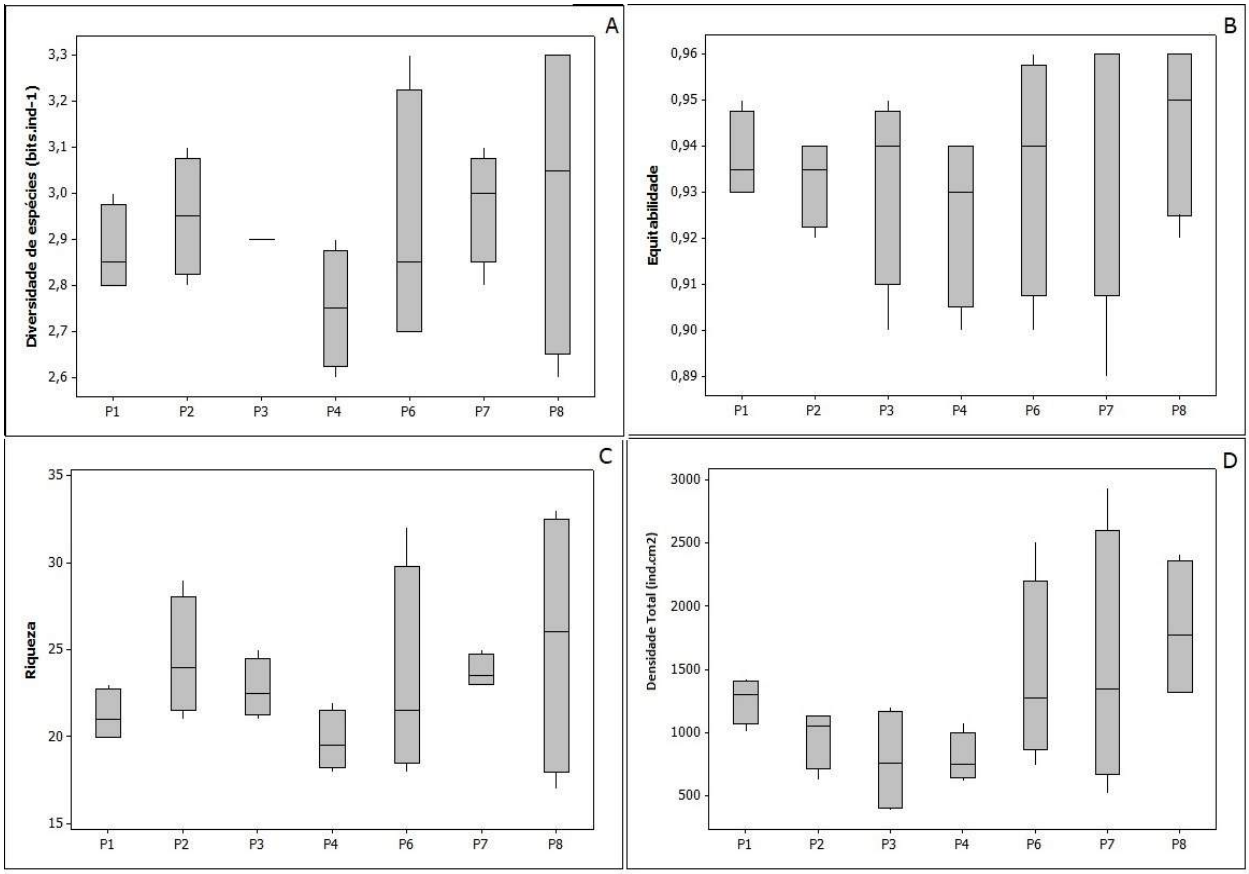
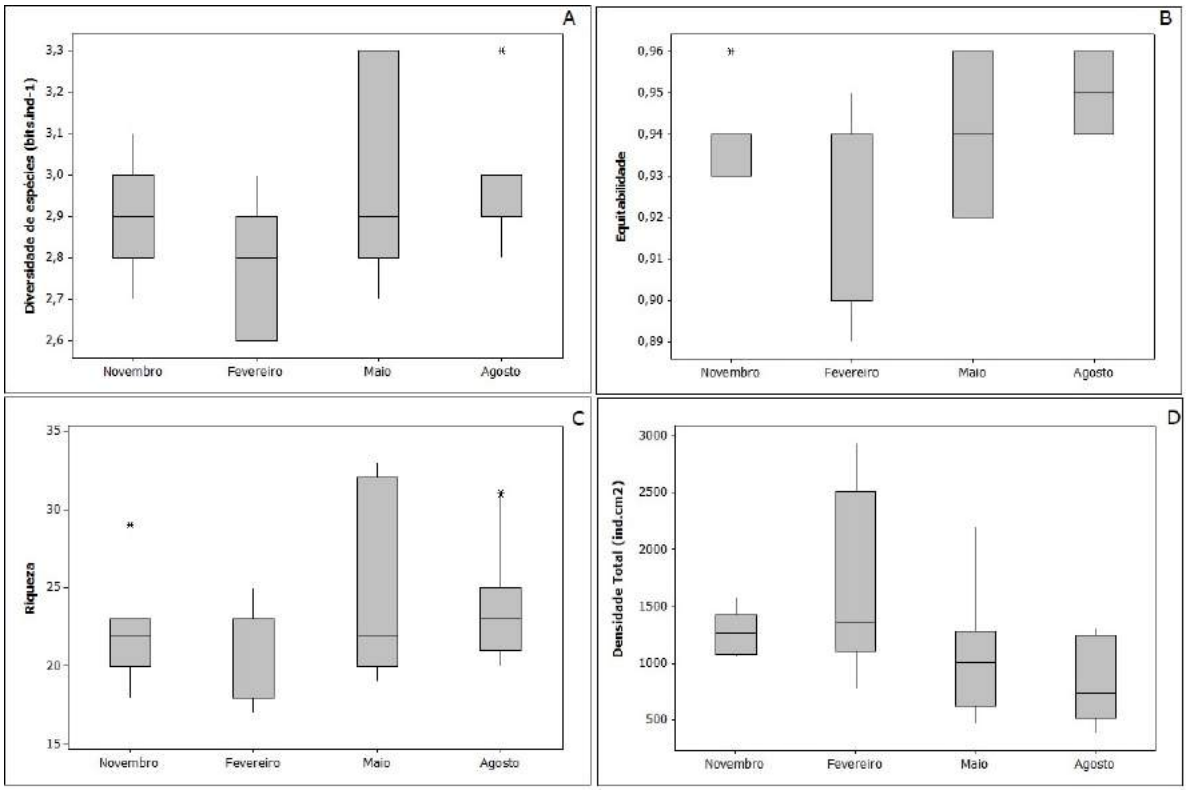


Figura 139 - Boxplot (medianas,quartis, n = 7) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.cm^2) da comunidade perifítica observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2022 a agosto de 2023



É de suma importância salientar que os corpos d'água biomonitorados fazem parte de uma bacia hidrográfica destinada à diversos usos. Dessa forma não há como apontar uma única influência para com os resultados obtidos, no caso, na análise do perifíton e fitoplâncton, principalmente dos pontos 1 ao 7. Já o ponto 8 é influenciado diretamente pelo efluente da usina.

2.6.2.3. Referências bibliográficas

Kelly, M. G.; Cazaubon, A.; Coring, E.; Dell´Uomo, A.; Ector, L.; Goldsmith, B.; Guasch, H.; Hürlimann, J.; Jarlman, A.; Kawecka, B.; Kwandrans, J.; Laugaste, R.; Lindstrom, E. –A.; Leitao, M.; Marvan, P.; Padisák, J.; Pipp, E.; Prygiel, J.; Rott, E.; Sabater, S.; Van Dam, H. & Vizinet, J. 1998.Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. J. Appl. Phycol., 10: 215-224.

Lobo, E. A.; Salomoni, S.E.; Rocha, O.;Callegaro, V.L.2006. Epilithic diatoms as indicatores of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. Hydrobiologia, v.559, p.233-246.

Lobo, E. A.; Katoh, K. & Aruga, Y. 1995. Response of epilithic diatom assemblages to water pollution in rivers in the Tokyo Metropolitan area. Freshwater Biol., v.34: 191-204.

Lobo, E. & Leighton, G. 1986. Estruturas comunitarias de las fitocenoses planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. Rev. Biol. Mar., 22: 1-29.

Lowe, R.L. 1996. Periphyton patterns in lakes. In: Algal ecology: freshwater benthic ecosystems (R.J. Stevenson, M.L. Bothwell & R.L. Lowe, eds). Academic Press, New York, p. 57-76.

Reynolds, C.S. 2006. Ecology of Phytoplankton, Cambridge University Press, Cambridge, UK. 535p.

Round, F.E., Crawford, R.M. & MANN, D.G. 1990. The diatoms. Biology and morphology of the genera. New York, Cambridge University Press, p.129

Round, F. E. 1993. A Review and Methods for the Use of Epilithic Diatoms for Detecting and Monitoring Changes in River Water Quality. London HMSO Publisher. 63p.

Schwarzbold, A. 1992. Efeitos do regime de inundação do rio Mogi-Guaçu (SP) sobre a estrutura, diversidade, produção e estoques do perifíton de *Eichhornia azurea* (Sw) Künth da Lagoa do Infernão. São Carlos, Universidade Federal de São Carlos. 237 p. (Tese de Doutorado).

Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol., 9: 1-38.

Wetzel, R. G. & Likens, E. 1991. Limnological Analysis. Springer-Verlag, New York. 391 p.

2.6.3. Zooplâncton

Responsável técnica Bióloga Dra. Catarina da Silva Pedrozo

O zooplâncton está aqui representado pelos táxons Rotifera, Cladocera e Copepoda.

O monitoramento ambiental para o compartimento Zooplâncton atendeu aos seguintes objetivos:

- Caracterizar a comunidade zooplanctônica existente na área de influência da Usina Termelétrica de Candiota, quanto á composição, distribuição espaço-temporal, abundância e dominância das espécies;
- Correlacionar a qualidade das águas da bacia hidrográfica do arroio Candiota com a composição e estrutura da comunidade zooplanctônica.

2.6.3.1. Metodologia de coleta, preservação e de análise dos organismos do zooplâncton

As estações amostrais para este compartimento seguiram àquelas anteriormente apresentadas no Quadro 1 deste relatório.

A coleta foi realizada nos dias 12 e 13 de novembro de 2022. Para tanto, cerca de 300 litros de água foram retirados com o auxílio de uma bomba de sucção e filtrados em uma rede de plâncton de 57 µm de abertura de malha para a concentração de material biológico.

As amostras obtidas, com volume final de 250 mL, foram fixadas imediatamente com formaldeído P.A. na concentração de 4% do volume do frasco e neutralizada com bórax a 1%.

As análises qualitativas foram realizadas com exame ao microscópio óptico, binocular, com aumento de até 400 vezes.

As análises quantitativas foram realizadas através de contagens numéricas ao microscópio estereoscópico. Para as contagens de indivíduos pertencentes aos grupos de Cladocera e Copepoda (copepoditos e adultos), foi utilizada câmara de contagem de Bogorov. Para as contagens de Rotifera e náuplios de Copepoda foi utilizada uma câmara de Sedgewick-Rafter em microscópio óptico. Os valores obtidos para densidade absoluta

de organismos estão expressos em número de indivíduos por metro cúbico de água (Nº. ind.m^{-3}).

Na identificação taxonômica das espécies zooplanctônicas utilizou-se as chaves de identificação, diagnoses e descrições dos seguintes autores: RUTTNER-KOLISKO (1974), KOSTE (1978), MONTU & GOEDEN (1986) e ELMOOR-LOUREIRO (1997).

A definição de constância de ocorrência das espécies nas amostras, foi baseada nas porcentagens sugeridas por DAJOZ (1973): 0 a 25% - ocasionais; □25 a 50% - espécies acessórias e □50% - espécies constantes.

A diversidade biológica foi calculada utilizando-se o índice de SHANNON-WINNER, através da fórmula:

$$H = - \sum_{i=1}^{s} (ni / N) \times \ln (ni / N)$$

Onde:

S = número de espécies;

ni = número de indivíduos em cada espécie;

N = número total de indivíduos.

A riqueza considerada é o número de espécies e a equitatividade ou uniformidade, se refere à distribuição dos organismos nos táxons. A equitatividade foi calculada através da equação:

$$E = H´ / Hmax$$

Onde:

H´ = é a diversidade de espécies obtida pelo índice de SHANNON-WINNER, e Hmáx é a diversidade de espécies sob condições de máxima equitatividade, obtida do logaritmo do número de espécies da amostra.

Para o tratamento dos dados, foi utilizada uma análise multivariada de agrupamento (Cluster analysis) com o emprego do pacote estatístico Past (HAMMER et. al. 2001).

2.6.3.2. Resultados e Discussão

Foram identificados no período, um total de 86 táxons, sendo 18 Cladocera, 6 Copepoda e 62 Rotifera, conforme listagem abaixo.

CLADOCERA	**ROTIFERA**	*Lecane flexilis*	*Synchaeta oblonga*
Acroperus harpae	*Ascomorpha ecaudis*	*Lecane elegans*	*Testudinella patina patina*
Alona davidi	*Asplancna* sp.	*Lecane hastata*	*Testudinella patina dendradena*
Alona sp.	*Brachionus angularis*	*Lecane leontina*	*Testudinella mucronata hauerensis*
Biapertura affinis	*Brachionus caudatus f. personatus*	*Lecane levistyla*	*Trichotria tectralis*
Biapertura cf. *verrucosa*	*Brachionus calicyflorus*	*Lecane ludwigi*	*Trichocerca bicristata*
Bosmina longirostris	*Brachionus patulus patulus*	*Lecane luna*	*Trichocerca cilindrica*
Bosminopsis deitersi	*Brachionus urceolaris*	*Lecane luna* var. *presumpta*	*Trichocerca (D)* cf. *brachyura*
Camptocercus australis	*Cephalodella gibba*	*Lecane (M) lunaris*	*Trichocerca (D)* cf. *bidens*
Ceriodaphnia cornuta	*Cephalodella* sp.	*Lecane (M) stenroosi*	*Trichocerca similis*
Ceriodaphnia cf. *quadrangula*	*Colurella uncinata* f. *bicuspidata*	*Lecane* sp.	*Trichocerca* sp.
Ceriodaphnia sp.	*Conochilus unicornis*	*Lepadella acuminata*	
Chydorus sphaericus	*Euchlanis dilatata*	*Lepadella patella*	
Daphnia cf. *ambigua*	*Filinia longiseta*	*Lophocharys oxysternoon*	
Daphnia gessneri	*Filinia opoliensis*	*Lophocharis* cf. *salpina*	
Euryalona ocidentalis	*Hexarthra* sp.	*Macrochaethus collinsi*	
Ilyocryptus spinifer	*Horaella* sp.	*Mytilina ventralis* var. *macracantha*	
Macrothrix triserialis	*Kellicottia bostoniensis*	*Monommata* sp.	
Pleuroxus similis	*Keratella cochlearis*	*Mytilina ventralis* var. *macracantha*	
COPEPODA	*Keratella cochlearis tecta*	*Pompholyx complanata*	
Acanthocyclos vernalis	*Keratella lenzi*	*Polyarthra* cf. *vulgaris*	
Acanthocyclops robustus	*Keratella tropica*	*Polyarthra* cf. *dolychoptera*	
Eucyclops solitarius	*Lecane (M) bulla bulla*	*Platyas quadricornis*	
Paracyclops fimbriatus	*Lecane (M) quadridentata*	*Ploesoma truncatum*	
Tropocyclops prasinus prasinus	*Lecane (M) decipiens*	*Ploesoma* cf. *(bipalpus) hudsoni*	
Notodiaptomus incompositus	*Lecane closterocerca*	*Ptygura* sp.	

Nos quadros a seguir apresentadas, constam os dados brutos resultantes das análises das amostras coletadas no período de novembro de 2022 a agosto de 2023.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 169 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em novembro de 2022

	ESTAÇÕES AMOSTRAIS																
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		Frequência
Taxa	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%			de Ocorrência (%)
CLADOCERA																	
Alona davidi	3	1,4															12,5
Bosmina longirostris															16	0,5	12,5
Camptocercus australis	6	2,7															12,5
Chydorus sphaericus	3	1,4													16	0,5	25,00
Pleuroxus similis					3	2,0											12,5
COPEPODA																	
Náuplio	26	11,7	276	44,8	33	22,0	175	27,8	16	20,0	126	46,0	10	22,2	1533	47,5	100
Copepodito Cyclopoida	20	9,0	103	16,7	36	24,0	92	14,6			30	10,9			333	10,3	75
Copepodito Calanoida															16	0,5	12,5
Acanthocyclos vernalis	3	1,4															12,5
Paracyclops fimbriatus									6	7,5	100	36,5	6	13,3			37,5
ROTIFERA																	
Bdelloidea	46	20,7	26	4,2	40	26,7	66	10,5	30	37,5	6	2,2	13	28,9	250	7,7	100
Ascomorpha ecaudis	3	1,4	30	4,9	10	6,7	16	2,5					6	13,3			62,5
Asplancna sp.							25	4,0									12,5
Cephalodella gibba	10	4,5							13	16,3	6	2,2	10	22,2	16	0,5	62,5
Colurella uncinata f. *bicuspidata*	3	1,4					8	1,3									25
Euchlanis dilatata	3	1,4	16	2,6	3	2,0	16	2,5									50
Kellicottia bostoniensis	53	23,9	130	21,1	3	2,0	192	30,5	3	3,8					966	29,9	75
Keratella cochlearis	3	1,4	3	0,5	3	2,0									16	0,5	50
Lecane (M) bulla bulla	13	5,9			16	10,7			6	7,5	3	1,1			16	0,5	62,5
Lecane luna	3	1,4													33	1,0	25
Lecane (M) lunaris	3	1,4							3	3,8							25
Lecane (M) stenroosi											3	1,1					
Lepadella acuminata	6	2,7															12,5
Lophocharys oxysternoon			3	0,5					3	3,8							25
Pompholyx complanata	3	1,4	3	0,5													25
Polyarthra cf. *vulgaris*			3	0,5			8	1,3									25
Platyas quadricornis			3	0,5			16	2,5									25
Ploesoma truncatum	3	1,4															12,5
Testudinella patina var. *Dendradena*	3	1,4			3	2,0											25
Trichotria tectralis	6	2,7	20	3,2			8	1,3									37,5
Trichocerca similis															16	0,5	12,5
Trichocerca sp.							8	1,3									12,5
Densidade numérica	222		616		150		630		80		274		45		3227		
Riqueza específica	19		10		8		10		7		5		4		9		
Índice de Div. de Shannon	2,24		1,50		1,54		1,58		1,55		0,63		1,33		1,0		
Equitatividade	0,76		0,65		0,73		0,68		0,79		0,39		0,95		0,43		

Na coleta de primavera ocorreram apenas 28 táxons, 14 a menos do que a riqueza apresentada no mesmo período em 2021.

Nesta coleta de novembro de 2022, novamente a comunidade zooplanctônica apresentou-se com baixos valores para a riqueza específica, em praticamente todas as estações amostrais, assim como a diversidade e a densidade numérica para os organismos do zooplâncton, como tem sido observado em anos anteriores. Pela falta de chuvas no período, observou-se um baixo volume de águas nos arroios que compõem a bacia hidrográfica do arroio Candiota.

Foram também bastante baixos os valores para a densidade absoluta, excetuando-se a estação P8 que apresentou 3227 ind.m_3^{-1}. Além disso, 64% das espécies coletadas apresentam hábitos bentônicos e 36% são verdadeiramente planctônicas.

Como mostra o Quadro 169, com os maiores valores para a frequência de 100 % de ocorrência no sistema foram náuplios e Bdelloidea. Os Bdelloidea, como outros invertebrados de água doce, são capazes de sobreviver a condições incompatíveis com a vida ativa, interrompendo a atividade, reduzindo o metabolismo a níveis indetectáveis, permanecendo como um "morto-vivo", mas ainda capaz de retomar a atividade quando as condições se tornarem novamente favoráveis. Essa capacidade de uma suspensão de vida reversível deve ser considerada uma forma extrema de dormência, RICCI & FONTANETO (2009). São organismos que habitam vários tipos de ecossistemas aquáticos e terrestres, como líquens, musgos, lama, cascas de árvores, solo e lixo. Ocorreram com maiores percentuais de abundância relativa nas estações amostrais P1, P3, P5 e P7.

Outra espécie do zooplâncton que apareceu com os maiores percentuais de abundância relativa foi *Kellicottia bostoniensis*, principalmente nos pontos de coleta P1, P2, P4 e P8. Além disso, é a espécie que apresentou 75% de frequência de ocorrência no sistema, ausente apenas nos pontos P6 e P7.

De acordo com De-Carli, et. al (2018), esse rotífero é nativo da América do Norte e possui ampla distribuição geográfica no Brasil e em outros países (**Bomfim *et al.*, 2016; De-Carli *et al.*, 2017b**); é típico de ambientes eutrofizados e ricos em matéria orgânica. Em águas poluídas, as partículas suspensas sólidas e coloides derivadas das bactérias decompositoras de material orgânico, servem de alimento para espécies

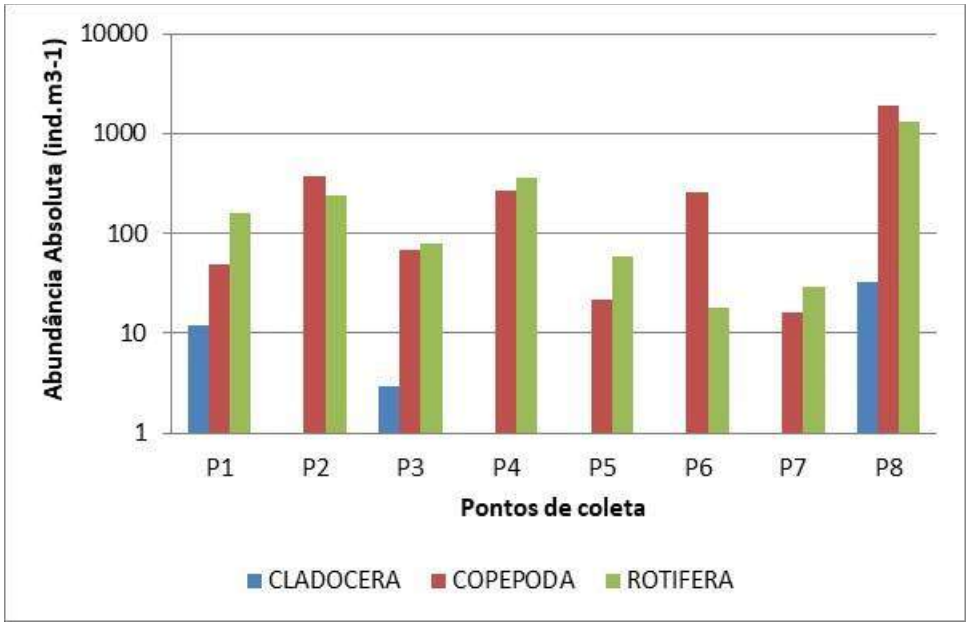
como *K. bostoniensis*, a qual pode filtrar pequenas partículas de até 10 µm (**Landa *et al.*, 2002; Lucinda *et al.*, 2004; Serafim-Júnior *et al.*, 2010**).

Em Candiota, registrou-se maior abundância (966 ind./m³) de *K. bostoniensis* no ponto 8, estação de coleta considerada hipereutrófica, localizada logo após o lançamento do efluente tratado da termelétrica no arroio sem nome, que desagua posteriormente no arroio Candiota.

Com relação a abundância absoluta e relativa das espécies coletadas, as Figura 140 e Figura 141 mostram os resultados obtidos para o período estudado.

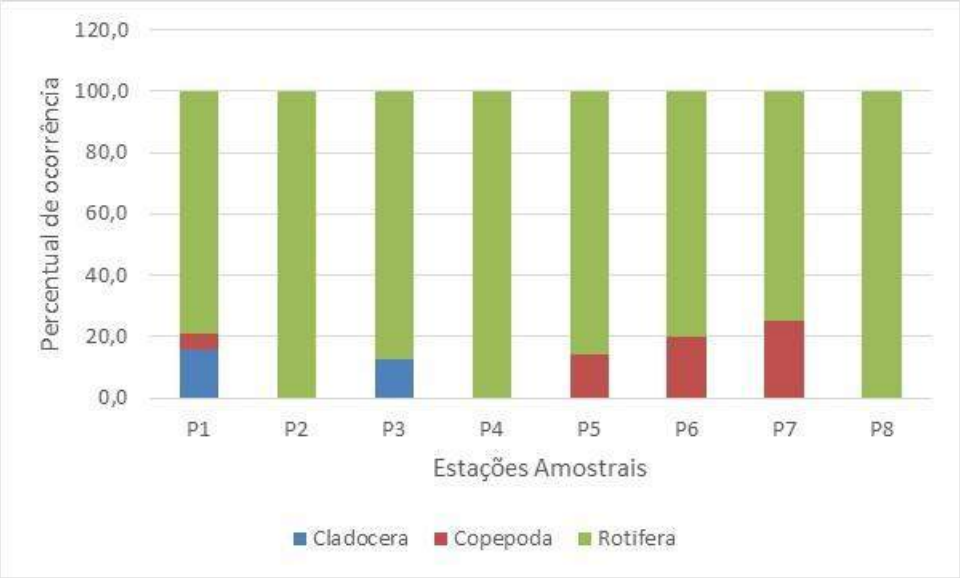
Baixas densidades absolutas do zooplâncton também foram observadas nesta coleta de primavera. O maior valor ocorreu na estação amostral P8 (3227 ind.m_3^{-1}). A menor densidade ocorreu na estação P7 (45 ind.m_3^{-1}). Novamente, a densidade numérica dos indivíduos do zooplâncton foi representada, principalmente, pelas formas jovens de Copepoda, náuplios, copepoditos, como também Bdelloidea e *kellicottia bostoniensis*, como mostra o Quadro 169, anteriormente apresentado.

Figura 140 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em novembro de 2022



A Figura 141 dá uma dimensão dos percentuais de cada grupo por local amostrado. Em todas as estações amostrais Rotifera predomina, nas estações P2, P3, P4 e P8 não se registrou a ocorrência de espécies de Copepoda.

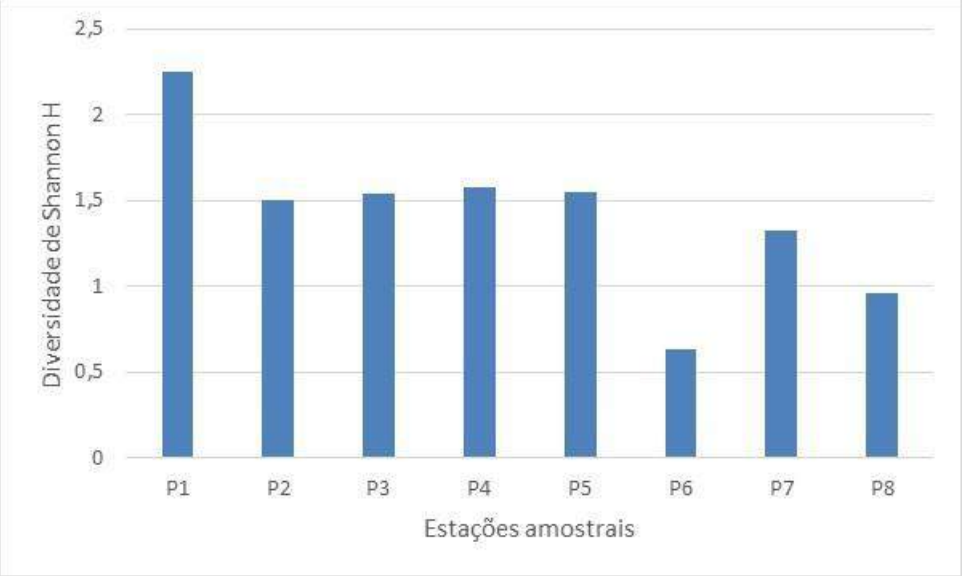
Figura 141 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em novembro de 2022



O índice de Diversidade de Shannon, a riqueza específica e a equitatividade estão apresentados nas Figura 142, Figura 143 e Figura 144.

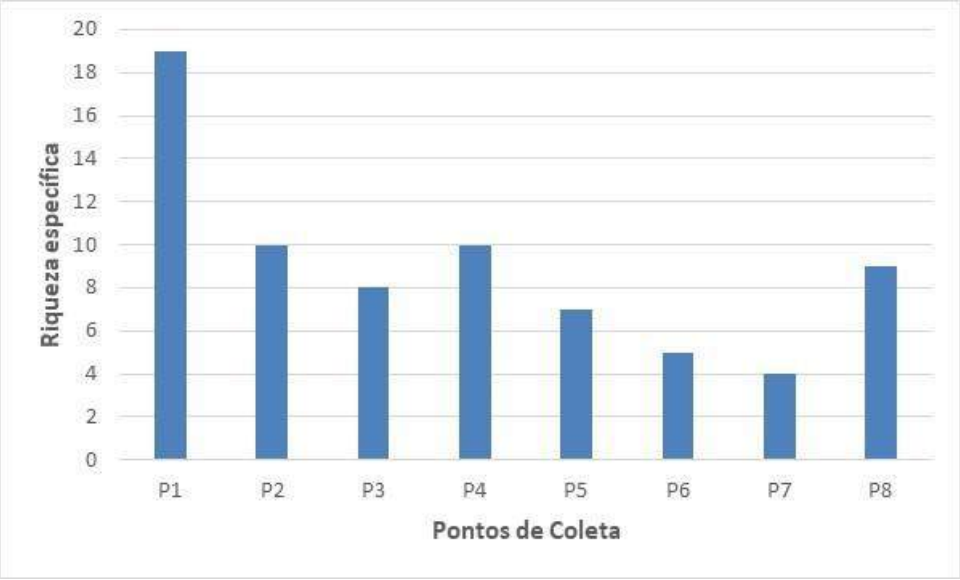
O valor maior do índice de diversidade de Shannon ocorreu na estação amostral P1 (2,24) (Figura 142). Já a estação P6 apresentou o menor valor (0,63), juntamente com P8 (0,95).

Figura 142 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em novembro de 2022



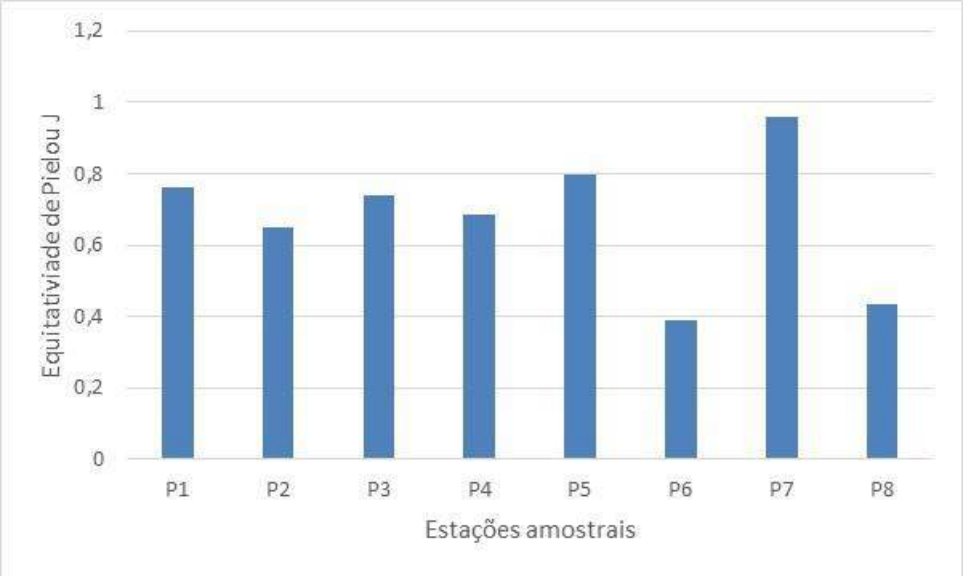
Quanto à riqueza específica, a estação amostral P1 apresentou o maior número de espécies (19) e o menor número na estação P7 (4), (Figura 143).

Figura 143 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em novembro de 2022



A Equitatividade (Figura 144) foi baixa na estação P6 e mais alta em P7.

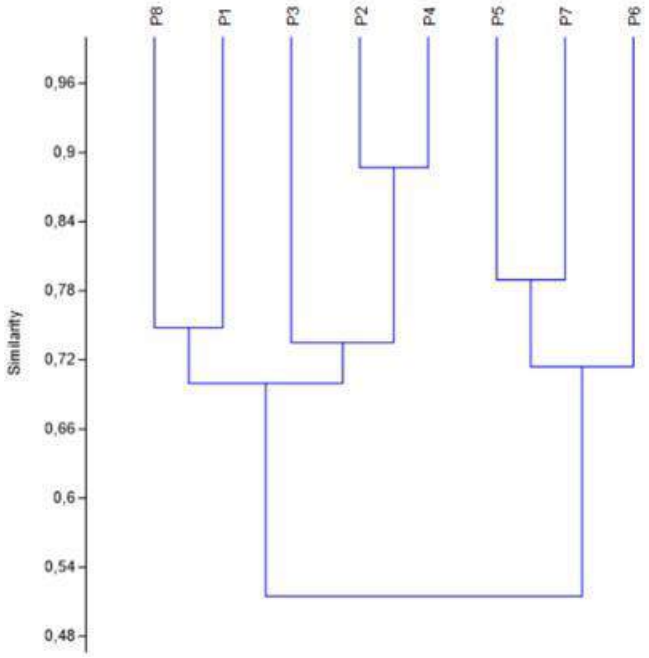
Figura 144 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em novembro de 2022



A análise estatística realizada com os dados de densidade absoluta das espécies do zooplâncton coletadas no sistema está representada pela Figura 145 abaixo. O maior valor cofenético foi obtido com a distância Morisita (0,92) e mostra similaridade entre as estações amostrais P2 e P4 com um pouco menos do que 90%. As características limnológicas, que recebe a contribuição direta de ambiente lêntico, influenciam a similaridade entre estes dois locais.

As estações P5 e P7 foram similares em 80%, formando o segundo grupo. As demais estações mostraram-se menos similares entre si, com um corte em 80% de similaridade.

Figura 145 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de novembro de 2022



No Quadro 170 a seguir apresentado, consta os dados brutos resultantes das análises das amostras coletadas em fevereiro de 2023, representando o verão.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 170 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em fevereiro de 2023

	ESTAÇÕES AMOSTRAIS																
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		Frequência
Taxa	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	de Ocorrência (%)
CLADOCERA																	
Alona davidi													33	4,2			12,5
Bosminopsis deitersi	31000	71,4			975000	38,2	1167	22,8									37,5
Ceriodaphnia cornuta	250	0,6			15000	0,6											25
Macrothrix triserialis			83	0,5							13	1,5					25
COPEPODA																	
Náuplio	4166	9,6	1750	10,6	775000	30,3	1833	35,8	20	1,9	480	53,9	83	10,7	3334	6,0	100
Copepodito Cyclopoida	3916	9,0	333	2,0	475000	18,6	625	12,2			80	9,0	33	4,2	667	1,2	87,5
Copepodito Calanoida					2000	0,1	42	0,8									25
Eucyclops solitarius															334	0,6	12,5
Tropocyclops prasinus prasinus	583	1,3			50000	2,0											25
ROTIFERA																	
Bdelloidea	916	2,1	583	3,5	3000	0,1	458	8,9	80	7,7	120	13,5	266	34,2	667	1,2	100
Ascomorpha ecaudis			83	0,5			83	1,6									25
Brachionus calicyflorus			583	3,5											12000	21,4	25
Brachionus patulus patulus	83	0,2			1000	0,0											25
Brachionus urceolaris			9750	59,1											38667	69,0	25
Cephalodella gibba							42	0,8									12,5
Euchlanis dilatata	166	0,4	83	0,5									16	2,1			37,5
Filinia longiseta	333	0,8			13000	0,5											25
Filinia opoliensis			250	1,5													12,5
Hexarthra sp.					1000	0,0											12,5
Kellicottia bostoniensis			250	1,5	13000	0,5											12,5
Keratella cochlearis	83	0,2	166	1,0	181000	7,1	292	5,7									50
Keratella lenzi					15000	0,6											12,5
Lecane (M) bulla bulla	500	1,2	250	1,5	1000	0,0	83	1,6	160	15,4	133	14,9	66	8,5			87,5
Lecane (M) quadridentata	333	0,8															12,5
Lecane closterocerca	83	0,2															12,5
Lecane elegans									100	9,6			16	2,1			25
Lecane hastata									440	42,3			83	10,7			25
Lecane ludwigi													16	2,1			12,5
Lecane luna			250	1,5					80	7,7							25
Lecane luna var. *presumpta*													66	8,5			12,5
Lecane (M) lunaris	83	0,2	1250	7,6			292	5,7					16	2,1	334	0,6	62,5
Lecane (M) stenroosi	250	0,6							20	1,9							25
Lecane levistyla							42	0,8			26	2,9					25
Lepadella patella	83	0,2	83	0,5					80	7,7	13	1,5	50	6,4			62,5
Macrochaethus collinsi			250	1,5			83	1,6			13	1,5					37,5
Pompholyx complanata					26000	1,0											12,5
Polyarthra cf. vulgaris					3000	0,1	42	0,8									25
Platyas quadricornis	500	1,2	250	1,5					40	3,8			33	4,2			50
Ploesoma truncatum							42	0,8									12,5
Testudinella patina patina											13	1,5					12,5
Trichotria tectralis			83	0,5					20	1,9							25
Trichocerca similis	83	0,2			5000	0,2											25
Trichocerca sp.			166	1,0													12,5
Densidade numérica	43411		16496		2554000		5126		1040		891		777		56003		
Riqueza específica	16		17		15		11		9		7		11		5		
Índice de Div. de Shannon	0,66		1,41		1,28		1,75		1,76		1,44		1,92		0,7		
Equitatividade	0,24		0,49		0,47		0,73		0,80		0,74		0,81		0,42		

Na coleta de verão ocorreram 40 táxons, 12 a menos do que a riqueza apresentada no mesmo período em 2022.

Nesta coleta, também a comunidade zooplanctônica apresentou-se, com baixos valores para a riqueza específica, em praticamente todas as estações amostrais, assim como a diversidade e a densidade numérica para os organismos do zooplâncton, como tem sido observado em anos anteriores.

Pela falta de chuvas no verão, observou-se um baixo volume de águas, assim como observado no mês de novembro de 2022, na primavera. Embora o volume de água nas estações amostrais tenha sido bastante baixo, em alguns locais a densidade absoluta foi bem alta, como nas estações amostrais P3 com 2.554.000 ind.m_3^{-1} e P8 com 56.003 ind.m_3^{-1} promovida, muito provavelmente, pelo menor fluxo e velocidade das águas observado localmente e pelo aumento das temperaturas locais, próprias deste período do ano, que oferecem maiores condições alimentares para os organismos.

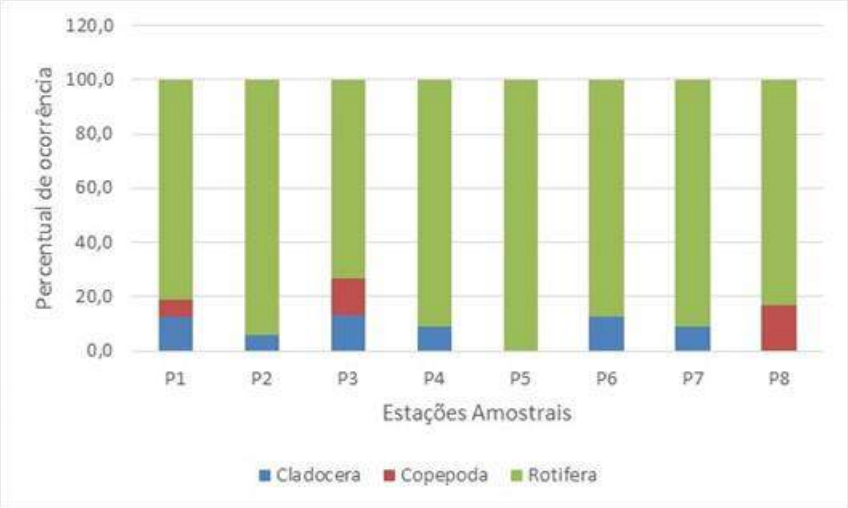
Assim como foi observado na primavera, 63% das espécies coletadas apresentam hábitos bentônicos e 37% são verdadeiramente planctônicas.

Como mostra o Quadro 170, com os maiores valores para a frequência de 100 % de ocorrência no sistema foram náuplios e Bdelloidea. Importante ressaltar a dominância de *Brachionus urceolaris* tanto na estação P2 (59,1%) quanto na estação denominada P8 (69%). Sládecek (1983) caracteriza as espécies *B. urceolaris* e *B. angularis* como fortemente associadas com águas eutrofizadas. Vale lembrar que o ponto 2 foi classificado como classe 2 e o ponto 8 como classe 4 conforme o CONAMA 357/2005.

Além disso, Horvath & Hummon (1980) descrevem *Brachionus urceolaris* e *K. cochlearis* como os rotíferos mais abundantes em dois lagos resultantes de drenagem de minas e não pareceram sensíveis à vários níveis de pH.

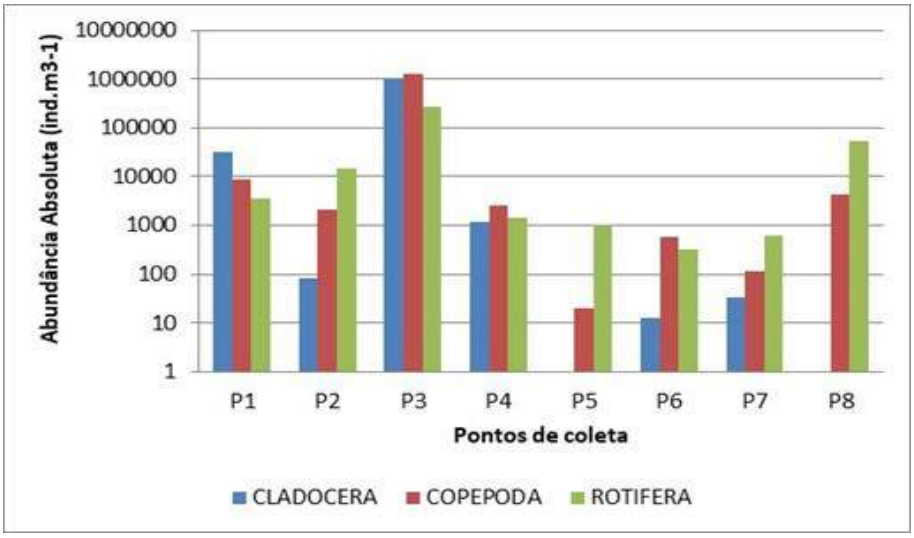
A seguir, a figura 146 dá uma dimensão dos percentuais de cada grupo por local amostrado. Em todas as estações amostrais Rotifera predomina, nas estações P2, P4, P5, P6 e P7 não se registrou a ocorrência de espécies de Copepoda.

Figura 146 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em fevereiro de 2023



Maiores valores de densidade absoluta do zooplâncton foram observados nesta coleta de verão, como ressaltado anteriormente, principalmente nas estações P3 e P8. O maior valor ocorreu na estação amostral P3 (2.554.000 ind.m_3^{-1}). A menor densidade ocorreu novamente na estação P7 (777 ind.m_3^{-1}). No verão, a densidade numérica dos indivíduos do zooplâncton foi representada, principalmente, pelas formas jovens de Copepoda, náuplios, copepoditos, como também *Bosminopsis deitersi* e *Keratella cochlearis*, como mostra a figura 147 *Bosminopsis deitersi* apresentou uma dominância de 71,4% na estação P1, sendo uma espécie relacionada às boas condições de qualidade das águas. As espécies pertencentes ao gênero *Keratell*a são planctônicas (Borges & Pedrozo, 2009), caracterizadas como generalistas, alimentando-se de uma vasta gama de células flageladas e não-flageladas e detritos (Gilbert & Bogdan,1984).

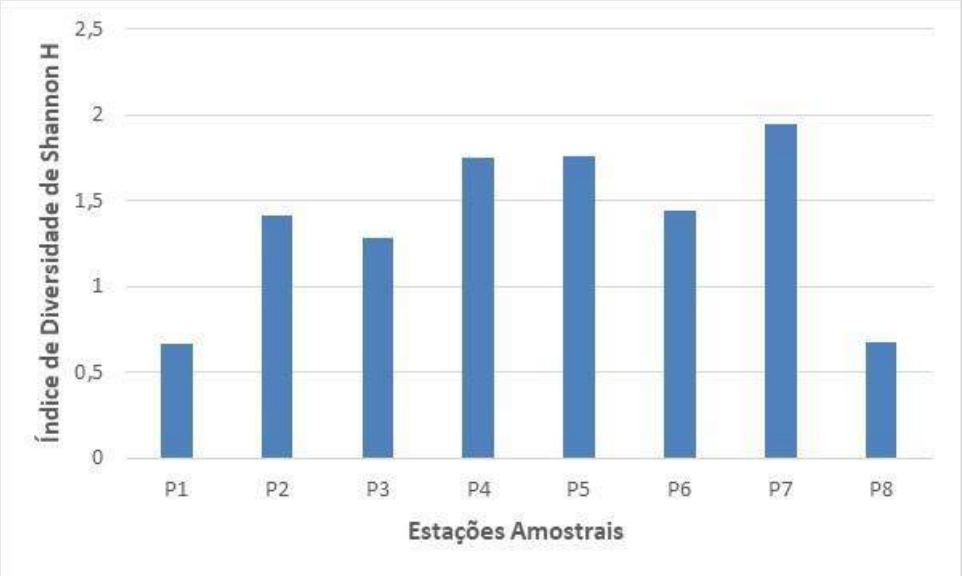
Figura 147 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em fevereiro de 2023



O índice de Diversidade de Shannon, a riqueza específica e a equitatividade estão apresentados em Figura 148, Figura 149 e Figura 150.

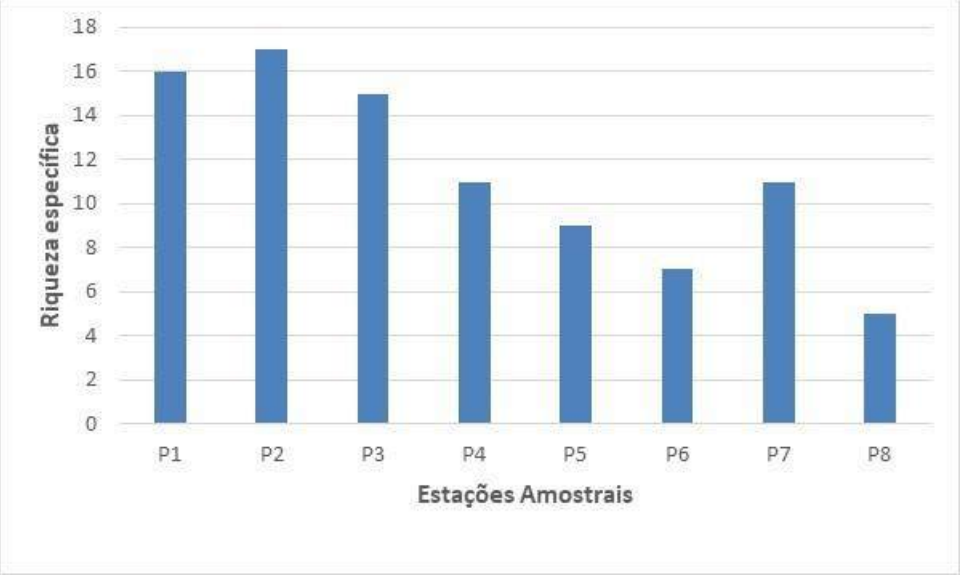
A diversidade foi bastante baixa neste período, com o valor maior do índice de diversidade de Shannon na estação amostral P7 (1,92) (Figura 1.5.3.3.10). Já a estação P1 apresentou o menor valor (0,66) juntamente com P8 (0,67). Estes baixos valores estão relacionados a dominância de *Bosminopsis deitersi* na estação P1, assim como na P8 a dominância foi de *Brachionus urceolaris*.

Figura 148 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em fevereiro de 2023



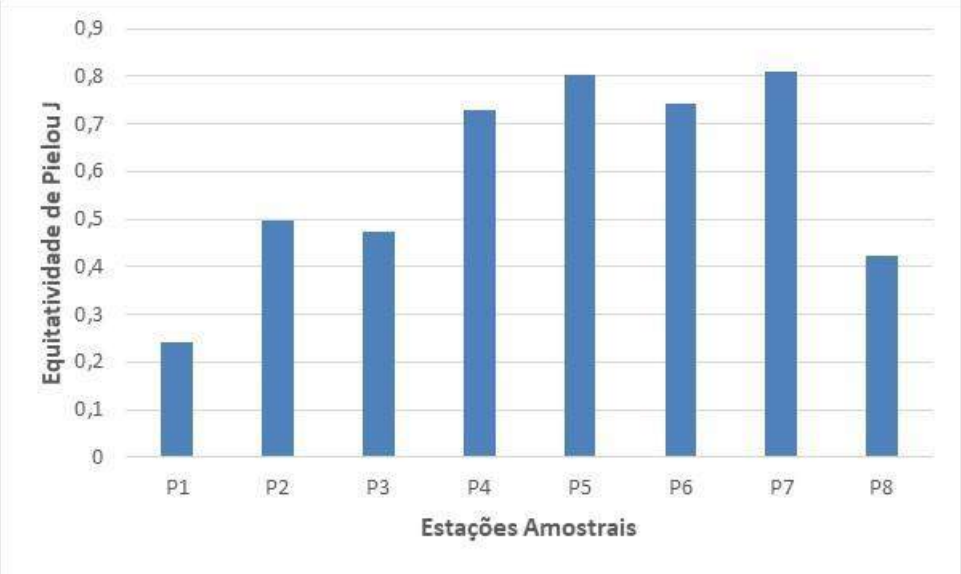
Quanto à riqueza específica, a estação amostral P2 apresentou o maior número de espécies (16) e o menor número na estação P8 (5), (Figura 149).

Figura 149 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em fevereiro de 2023



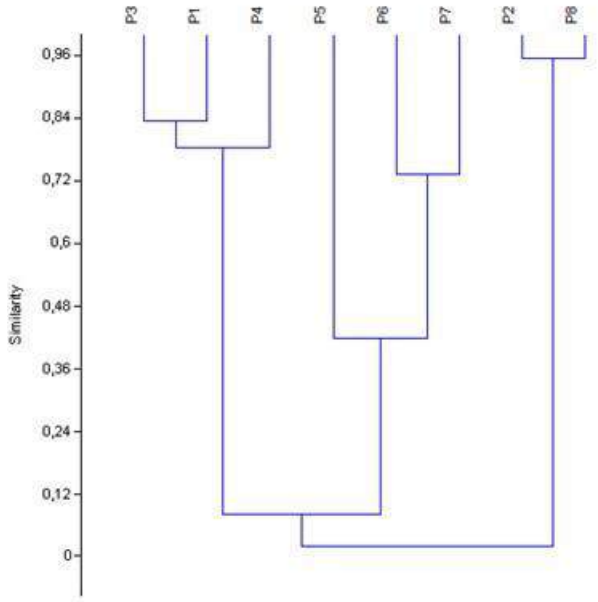
A Equitatividade (Figura 150) foi baixa na estação P1 e mais alta em P7.

Figura 150 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em fevereiro de 2023



A análise estatística realizada com os dados de densidade absoluta das espécies do zooplâncton coletadas no sistema está representada pela Figura 151 abaixo. O maior valor cofenético foi obtido com a distância Morisita (0,97) e mostra similaridade entre as estações amostrais P2 e P8 com um pouco menos do que 96%. As estações P1 e P3 foram similares em 84%, formando o segundo grupo. As demais estações mostraram-se menos similares entre si, com um corte em 80% de similaridade.

Figura 151 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de fevereiro de 2023.



No Quadro 171, consta os dados brutos resultantes das análises das amostras coletadas em maio de 2023, representando o outono. Vale lembrar que o outono foi bastante chuvoso, aumentando o volume e o fluxo das águas na bacia do arroio Candiota.

Quadro 171 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em maio de 2023

	ESTAÇÕES AMOSTRAIS																
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		Frequência
Taxa	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	de Ocorrência (%)
CLADOCERA																	
Alona sp.					66	5,1	166	6,0									25
Bosminopsis deitersi			22	1,3													12,5
Bosmina longirostris											125	1,9					12,5
Ceriodaphnia sp.									222	4,1	83	1,3					25
Chydorus sphaericus			11	0,7					55	1,0							25
Euryalona ocidentalis											42	0,6					12,5
Ilyocryptus spinifer	42	2,9															12,5
Macrothrix triserialis	83	5,7	11	0,7	33	2,5	166	6,0	55	1,0			21	3,5			75
COPEPODA																	
Náuplio	292	20,0	222	13,1	233	18,0	583	21,2	1722	31,7	2375	35,9	187	30,9	900	45,0	100
Copepodito Cyclopoida	83	5,7	11	0,7	66	5,1	416	15,2	277	5,1	83	1,3	63	10,4	866	43,3	100
Copepodito Calanoida			11	0,7					55	1,0	125	1,9					37,5
Eucyclops solitarius									111	2,0							12,5
Notodiaptomus incompositus			11	0,7													12,5
ROTIFERA																	
Bdelloidea	583	39,9	288	17,0	500	38,6	583	21,2	777	14,3	916	13,8	166	27,4	33	1,7	100
Ascomorpha ecaudis			244	14,4					55	1,0							25
Asplancna sp.															66	3,3	12,5
Brachionus patulus patulus	83	5,7			33	2,5	83	3,0									37,5
Cephalodella gibba			33	2,0					55	1,0							25
Cephalodella sp.	42	2,9															12,5
Euchlanis dilatata			22	1,3					111	2,0							25
Filinia longiseta									388	7,1	42	0,6					25
Horaella sp.											166	2,5					12,5
Kellicottia bostoniensis			44	2,6	200	15,4			333	6,1							37,5
Keratella cochlearis			22	1,3	33	2,5	83	3,0			125	1,9					50
Keratella cochlearis tecta									55	1,0							12,5
Keratella tropica			33	2,0							208	3,1					25
Lecane (M) bulla bulla	42	2,9	188	11,1	33	2,5	250	9,1			1666	25,2	21	3,5	133	6,7	87,5
Lecane (M) quadridentata			11	0,7													12,5
Lecane (M) decipiens							83	3,0									12,5
Lecane flexilis													21	3,5			12,5
Lecane ludwigi					33	2,5											12,5
Lecane luna	42	2,9	288	17,0	33	2,5			166	3,1	292	4,4	21	3,5			75
Lecane luna var. *presumpta*							83	3,0									12,5
Lecane (M) lunaris			22	1,3									21	3,5			25
Lecane (M) stenroosi							83	3,0	111	2,0			42	6,9			37,5
Lecane sp.	42	2,9															12,5
Lepadella patella							166	6,0									12,5
Lophocharis oxysternon			11	0,7													12,5
Macrochaethus collinsi	42	2,9	22	1,3													25
Mytilina ventralis var. *macracantha*													21	3,5			12,5
Pompholyx complanata									55	1,0							12,5
Polyarthra cf. *vulgaris*			11	0,7					55	1,0	250	3,8					37,5
Platyas quadricornis	42	2,9	22	1,3							42	0,6	21	3,5			50
Synchaeta oblonga			66	3,9													12,5
Testudinella patina dendradena					33	2,5			111	2,0							25
Testudinella mucronata hauerensis	42	2,9															12,5
Trichotria tectralis			66	3,9					611	11,2							25
Trichocerca bicristata									55	1,0							12,5
Trichocerca (D) brachyura											42	0,6					12,5
Trichocerca similis											42	0,6					12,5
Densidade numérica	1460		1692		1296		2745		5435		6624		605		1998		
Riqueza específica	11		21		10		10		18		14		9		3		
Índice de Div. de Shannon	1,73		2,37		1,64		2,04		2,43		1,88		1,77		1,0		
Equitatividade	0,72		0,77		0,71		0,88		0,84		0,71		0,81		0,86		

Na coleta de outono de 2023 ocorreram 47 táxons, 5 a mais do que a riqueza apresentada no mesmo período em 2022.

Com exceção das estações amostrais P2 e P5, nesta coleta, também a comunidade zooplanctônica apresentou-se, novamente, com baixos valores para a riqueza específica, assim como a diversidade e a densidade numérica para os organismos do zooplâncton, como tem sido observado em anos anteriores.

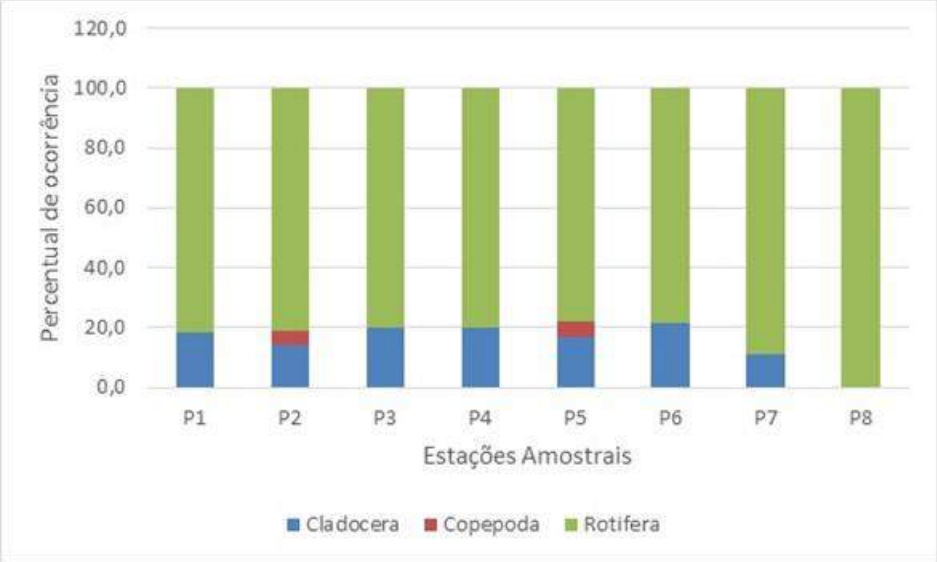
Nesta coleta, diferente de maio de 2022, a densidade absoluta do zooplâncton foi um pouco maior, como nas estações amostrais P6 com 6624 ind.m_3^{-1} e P5 com 5435 ind.m_3^{-1} promovida, muito provavelmente, pelo maior fluxo e velocidade das águas observado localmente.

Quanto ao habitat, 53,2% das espécies coletadas apresentam hábitos bentônicos e 46,8% são verdadeiramente planctônicas.

Como mostra o Quadro 171, com os maiores valores para a frequência de 100 % de ocorrência no sistema foram náuplios, copepoditos e Bdelloidea. Novamente Bdelloidea apresentou os maiores percentuais relativos nas estações P1, P3, P4 e P7. Além destas, *Lecane (M) bulla bulla* ocorreu em 87,5% das estações amostrais.

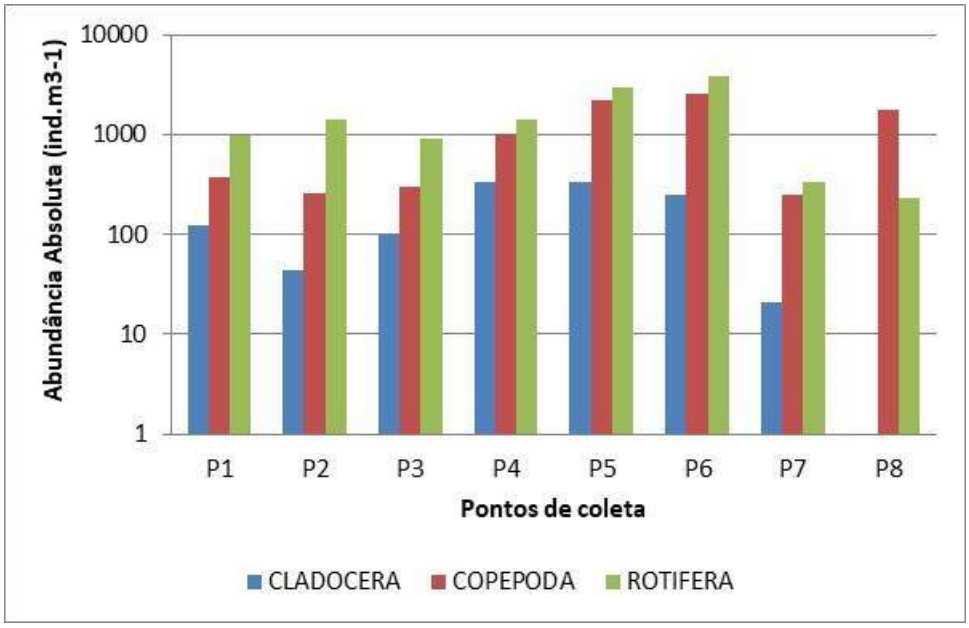
A Figura 152 dá uma dimensão dos percentuais de cada grupo por local amostrado. Em todas as estações amostrais Rotifera predomina, e somente nas estações P2 e P5 houve o registro de ocorrência de espécies de Copepoda.

Figura 152 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em maio de 2023



Nesta coleta de outono, ocorreram baixos valores de densidade absoluta do zooplâncton quando comparados com os meses de maiores temperaturas, porém, maiores quando comparados como mesmo período em 2022. O maior valor ocorreu na estação amostral P6 (6624 ind.m_3^{-1}). A menor densidade ocorreu novamente na estação P7 (605 ind.m_3^{-1}). Novamente, a densidade numérica dos indivíduos do zooplâncton foi representada, principalmente, pelas formas jovens de Copepoda, náuplios, copepoditos, como também Bdelloidea e *Lecane (M) bulla bulla*, como mostra a Figura 153.

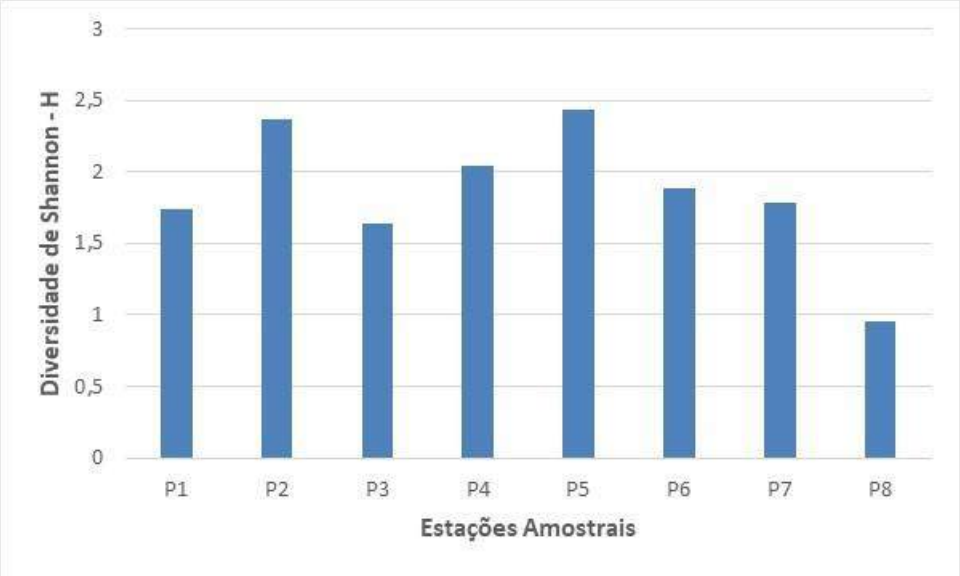
Figura 153 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em maio de 2023



O índice de Diversidade de Shannon, a riqueza específica e a equitatividade estão apresentados em Figura 154, Figura 155 e Figura 156.

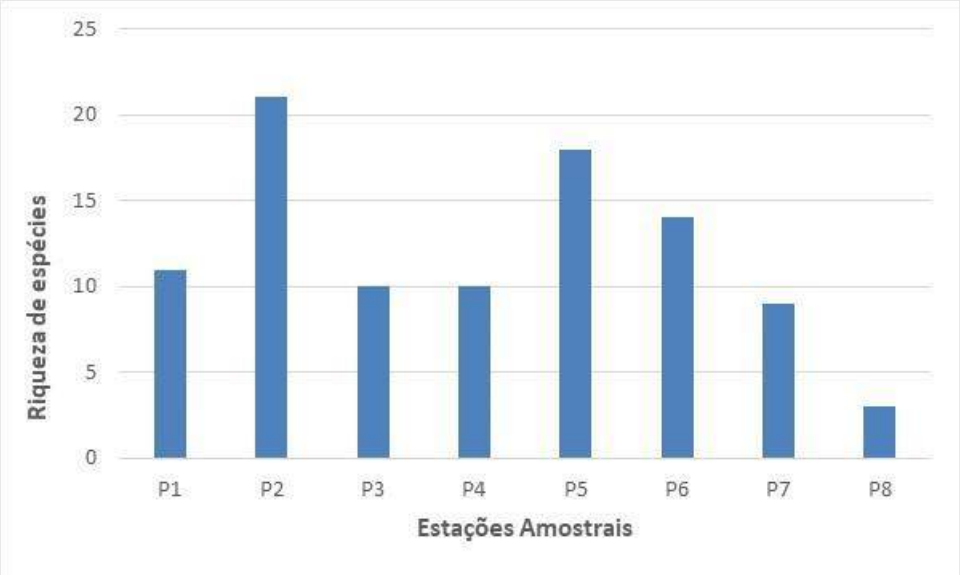
A diversidade foi novamente baixa neste período, com o valor maior do índice de diversidade de Shannon na estação amostral P5 (2,43) (Figura 154). Já a estação P8 apresentou o menor valor (1,0).

Figura 154 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em maio de 2023



Quanto à riqueza específica, a estação amostral P2 apresentou o maior número de espécies (21) e o menor número na estação P8 (3), (Figura 155).

Figura 155 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em maio de 2023

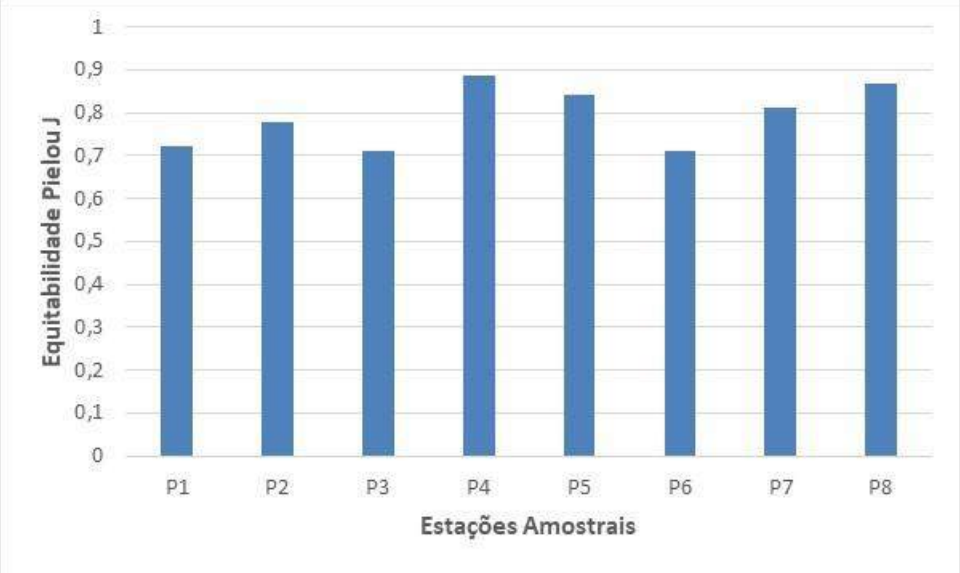


Bonecker *et al*. (2005) afirmam que o aumento da riqueza durante o período das chuvas (maior precipitação) permite a expansão lateral do rio, proporcionando trocas de massas de água (nutrientes e espécies) entre a região litorânea e pelágica, contribuindo para a homogeneização das espécies entre essas regiões. Esses autores ainda apontam o fluxo de água como um fator predominante nas estimativas de diversidade, enquanto a diluição é considerada importante na distribuição desses organismos no corpo aquático. Este efeito permite uma menor competição entre as espécies, contribuindo para o aumento da equitabilidade e, por conseguinte, aumento da diversidade (LAMPERT& SOMMER, 1997).

Em Candiota foi observado o efeito das chuvas para a diversidade de Rotifera, entretanto não foi observado um padrão marcante da riqueza em relação a essa variável. Matsumura-Tundisi *et al.* (2002) ainda apontam que apesar do aumento do nível de água e das descargas, o aumento da riqueza do zooplâncton no período de maior precipitação ocorre provavelmente pelo aumento do teor de matéria orgânica e maior disponibilidade de nutrientes para esses organismos.

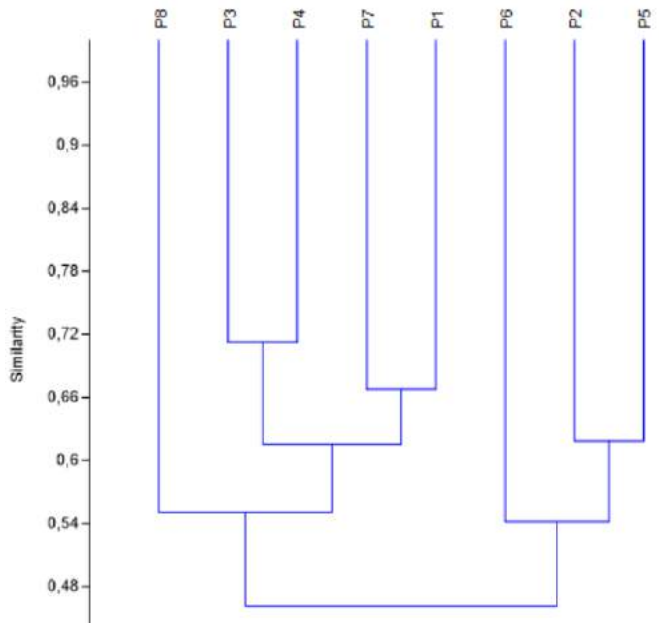
A Equitatividade (Figura 156) foi baixa nas estações P3 e P6 e mais alta em P4.

Figura 156 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em maio de 2023



A análise estatística realizada com os dados de densidade absoluta das espécies do zooplâncton coletadas no sistema está representada pela Figura 157 abaixo. O maior valor cofenético foi obtido com a distância Morisita (0,80) e mostra muito baixa similaridade entre todas as estações.

Figura 157 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de maio de 2023.



No Quadro 172, consta os dados brutos resultantes das análises das amostras coletadas em agosto de 2023, representando o inverno. Assim como maio de 2023 foi bastante chuvoso, aumentando o volume e o fluxo das águas na bacia do arroio Candiota, também agosto mostrou-se da mesma forma.

Quadro 172 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em agosto de 2023

	ESTAÇÕES AMOSTRAIS																
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		Frequência
Taxa	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	de Ocorrência (%)
CLADOCERA																	
Acroperus harpae	30	1,7			20	1,4											25
Biapertura affinis			16	0,2	6	0,4											25
Biapertura cf. *verrucosa*													6	1,3			12,5
Bosmina longirostris	100	5,6	1850	20,3	240	16,8	1866	21,9	1546	12,9	46	5,1	6	1,3	400	8,8	100
Bosminopsis deitersi									13	0,1							12,5
Ceriodaphnia cornuta							46	0,5									12,5
Ceriodaphnia cf. *quadrangula*			466	5,1	13	0,9	466	5,5	173	1,4			6	1,3			62,5
Chydorus sphaericus									26	0,2	13	1,4	10	2,2			37,5
Camptocercus australis	10	0,6															12,5
Daphnia cf. *ambigua*	10	0,6			13	0,9	163	1,9									37,5
Daphnia gessneri			283	3,1					52	0,4							25
Pleuroxus similis					13	0,9											13
COPEPODA																	
Náuplio	750	42,1	2350	25,8	433	30,3	1750	20,5	1813	15,2	360	40,0	250	55,1	2320	51,0	100
Copepodito Cyclopoida	140	7,9	1600	17,6	86	6,0	1516	17,8	1973	16,5	40	4,4	13	2,9	800	17,6	100
Copepodito Calanoida	20	1,1	200	2,2	13	0,9	256	3,0	4160	34,8	20	2,2	3	0,7			87,5
Acanthocyclops robustus			16	0,2			116	1,4							520	11,4	37,5
Eucyclops solitarius													3	0,7	3	0,1	25
Tropocyclops prasinus	10	0,6															12,5
Notodiaptomus incompositus			133	1,5			46	0,5	106	0,9							37,5
ROTIFERA																	
Bdelloidea	150	8,4	16	0,2	166	11,6	116	1,4	120	1,0	206	22,9	60	13,2	240	5,3	100
Ascomorpha ecaudis	70	3,9	50	0,5	26	1,8	140	1,6	120	1,0	6	0,7					75
Asplancna sp.	30	1,7	16	0,2	33	2,3			320	2,7			60	13,2	6	0,1	75
Brachionus angularis					6	0,4			13	0,1							25
Brachionus caudatus f. personatus													3	0,7			12,5
Brachionus patulus patulus	10	0,6															12,5
Brachionus urceolaris															40	0,9	12,5
Cephalodella gibba	10	0,6	16	0,2	33	2,3	23	0,3			20	2,2	3	0,7	40	0,9	87,5
Conochilus unicornis			83	0,9			46	0,5	13	0,1							37,5
Euchlanis dilatata	70	3,9	16	0,2	60	4,2			80	0,7	26	2,9			40	0,9	75
Filinia opoliensis							23	0,3	26	0,2							25
Kellicottia bostoniensis	180	10,1	1150	12,6	20	1,4	1190	14,0	1066	8,9	26	2,9	3	0,7	40	0,9	100
Keratella cochlearis	10	0,6	100	1,1	6	0,4	70	0,8	104	0,9	6	0,7	3	0,7	6	0,1	100
Keratella lenzi			16	0,2	13	0,9					53	5,9	3	0,7	3	0,1	62,5
Lecane (M) bulla bulla	10	0,6			26	1,8					13	1,4					37,5
Lecane leontina					6	0,4											12,5
Lecane levistyla											6	0,7					12,5
Lecane luna					13	0,9											12,5
Lecane (M) lunaris	10	0,6			13	0,9					6	0,7	3	0,7			50
Lecane (M) stenroosi	10	0,6			6	0,4											25
Lophocharis cf. *salpina*					6	0,4							10	2,2			25
Lophocharis oxysternon															80	1,8	12,5
Monommata sp.			16	0,2													12,5
Mytilina ventralis var. *macracantha*													3	0,7			12,5
Pompholyx complanata	40	2,2	283	3,1	20	1,4	280	3,3	13	0,1			6	1,3	6	0,1	87,5
Polyarthra cf. dolychoptera			100	1,1			93	1,1	26	0,2	20	2,2			3	0,1	62,5
Polyarthra cf. *vulgaris*			83	0,9			116	1,4	13	0,1	13	1,4					50
Platyas quadricornis	10	0,6					23	0,3									25
Ploesoma truncatum	10	0,6															12,5
Ploesoma cf. *(bipalpus) hudsoni*			216	2,4			23	0,3	120	1,0							37,5
Ptygura sp.							93	1,1									12,5
Synchaeta oblonga							23	0,3									12,5
Testudinella patina patina					26	1,8			13	0,1	6	0,7					37,5
Trichotria tectralis	50	2,8	16	0,2	86	6,0			13	0,1							50
Trichocerca bicristata					6	0,4											12,5
Trichocerca cilindrica					13	0,9											12,5
Trichocerca (D) cf. bidens	20	1,1							26	0,2	13	1,4			3	0,1	50
Trichocerca similis	20	1,1	16	0,2	6	0,4	46	0,5									50
Densidade numérica	1780		9107		1427		8530		11948		899		454		4550		
Riqueza específica	22		22		27		21		22		16		16		15		
Índice de Div. de Shannon	2,56		2,01		2,57		2,06		1,96		2,07		2,00		1,7		
Equitatividade	0,83		0,65		0,78		0,67		0,63		0,75		0,72		0,63		

Na coleta de inverno de 2023 ocorreram 54 táxons, 13 a mais do que a riqueza apresentada no mesmo período em 2022.

A riqueza específica neste inverno também foi maior para todas as estações amostrais, assim como o índice de diversidade de Shannon.

Nesta coleta, diferente de agosto de 2022, a densidade absoluta do zooplâncton foi um pouco maior, como nas estações amostrais P5 com 11948 ind.m_3^{-1} e P2 com 9107 ind.m_3^{-1} promovida, muito provavelmente, pelo maior fluxo e velocidade das águas observado localmente.

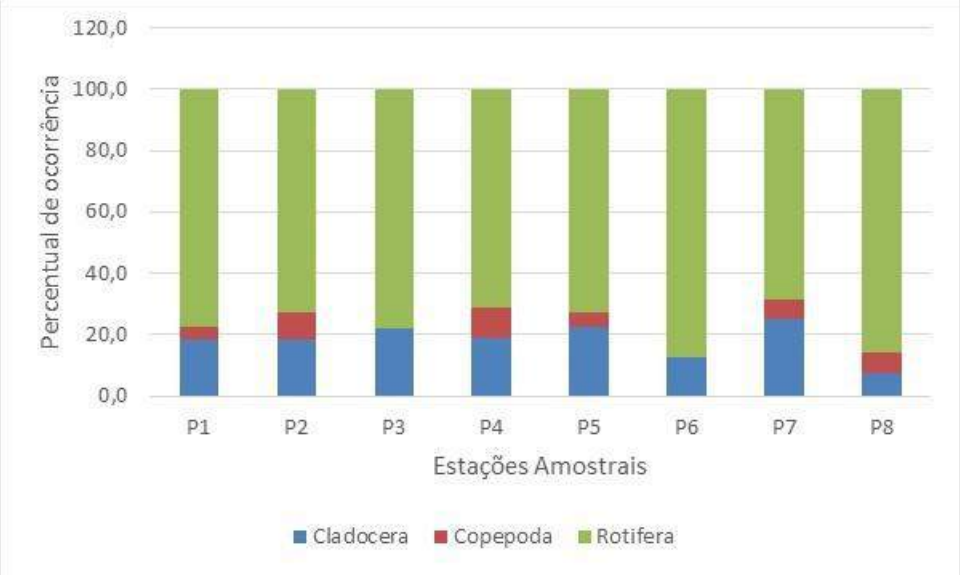
Quanto ao habitat, 40,7% das espécies coletadas apresentam hábitos bentônicos e 59,3% são verdadeiramente planctônicas.

Como mostra o Quadro 172, com os maiores valores para a frequência de 100 % de ocorrência no sistema foram náuplios, copepoditos e Bdelloidea. Além destas *Bosmina longirostris*, Bdelloidea, *Kellicottia bostoniensis e Keratella cochlearis*.

B. longirostris é apontada pela literatura, como uma espécie tolerante à poluição orgânica e apareceu com percentuais entre 16,8% e 21,9% nas estações amostrais P2, P3 e P4.

A Figura 158 dá uma dimensão dos percentuais de cada grupo por local amostrado. Em todas as estações amostrais Rotifera predomina, e somente nas estações P3 e P6 não houve o registro de ocorrência de espécies de Copepoda.

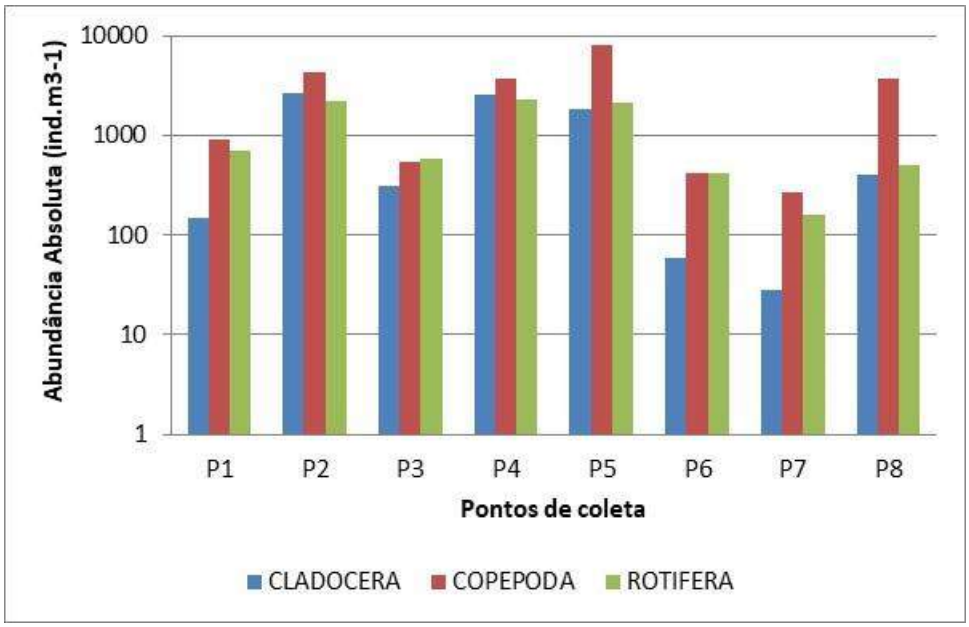
Figura 158 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em agosto de 2023



Nesta coleta de inverno, ocorreram valores um pouco maiores de densidade absoluta do zooplâncton quando comparados com mesmo período em 2022. O maior

valor ocorreu na estação amostral P5 (11948 ind.m_3^{-1}). A menor densidade ocorreu novamente na estação P7 (454 ind.m_3^{-1}). Novamente, a densidade numérica dos indivíduos do zooplâncton foi representada, principalmente, pelas formas jovens de Copepoda, náuplios, copepoditos, como também Bdelloidea e *Kellicottia bostoniensis*, como ilustrado na Figura 159.

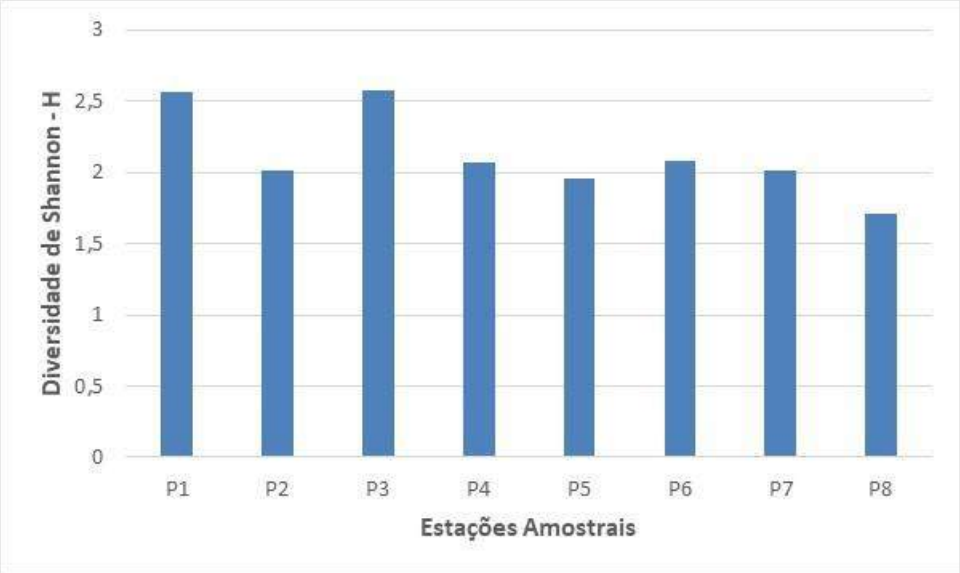
Figura 159 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em agosto de 2023



O índice de Diversidade de Shannon, a riqueza específica e a equitatividade estão apresentados em Figura 160, Figura 161 e Figura 162.

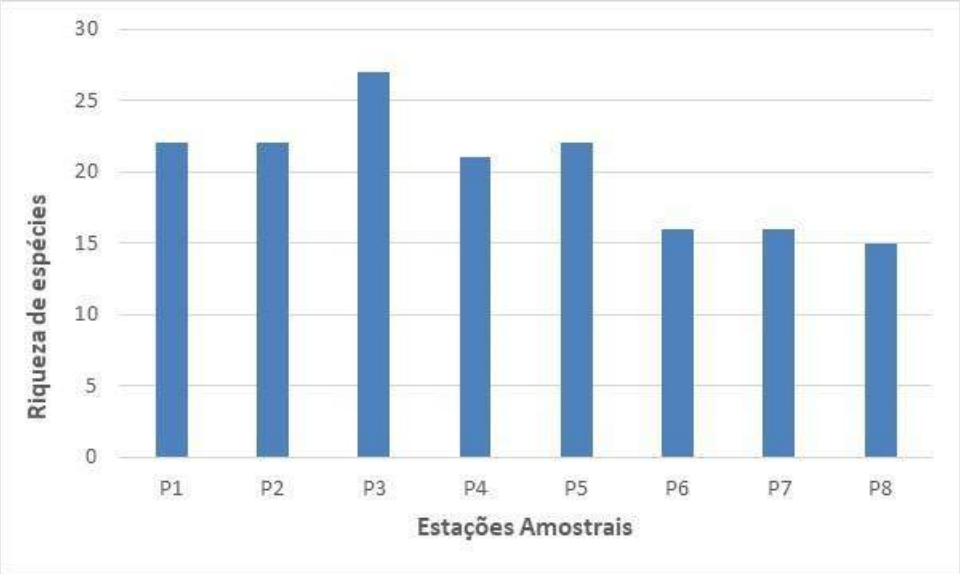
A diversidade foi baixa neste período, com o valor maior do índice de diversidade de Shannon na estação amostral P3 (2,57) (Figura 160). Já a estação P8 apresentou o menor valor (1,70).

Figura 160 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em agosto de 2023



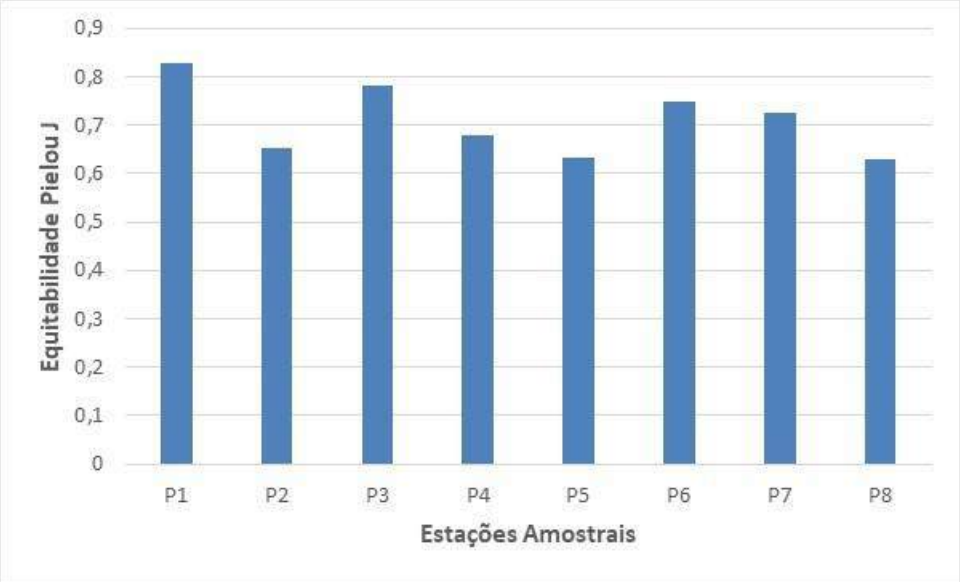
Quanto à riqueza específica, a estação amostral P3 apresentou o maior número de espécies (27) e o menor número novamente na estação P8 (15), (Figura 161).

Figura 161 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em agosto de 2023



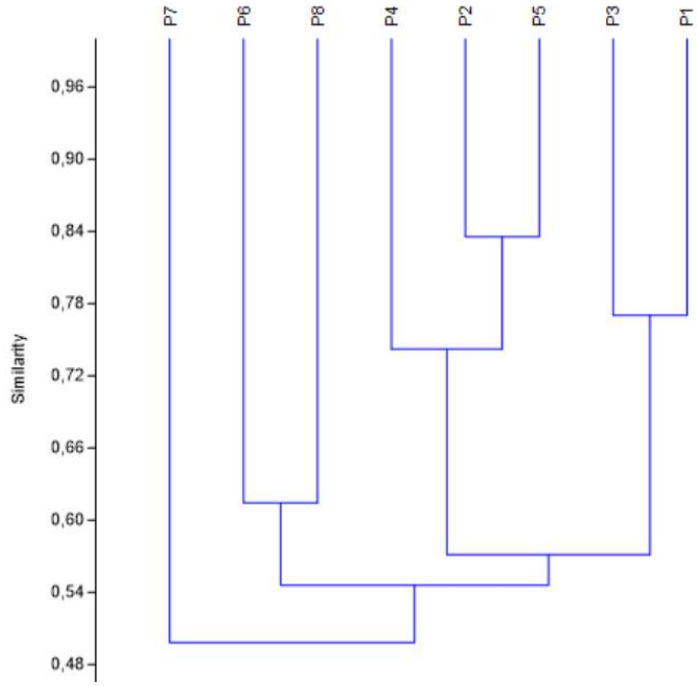
A Equitatividade (Figura 162) foi baixa nas estações P5 e P8 e mais alta em P1.

Figura 162 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em agosto de 2023



A análise estatística realizada com os dados de densidade absoluta das espécies do zooplâncton coletadas no sistema está representada pela Figura 163 abaixo. O maior valor cofenético foi obtido com a distância Morisita (0,90) e mostra similaridade de 84% entre as estações amostrais, os pontos P2 e P5, e muito baixa similaridade entre as outras estações amostrais.

Figura 163 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de agosto de 2023



2.6.3.3. Considerações finais

Os principais objetivos do biomonitoramento da fauna zooplanctônica na área de influência direta da Usina Termelétrica Presidente Médici é caracterizá-la quanto á composição, distribuição espaço-temporal, abundância e dominância das espécies e correlacioná-la com a qualidade das águas da bacia hidrográfica do arroio Candiota na identificação de possível ocorrência de impactos ambientais causados pela usina.

Os resultados de muitos anos de monitoramento, e que podem ser observados também neste período entre novembro de 2022 e agosto de 2023 demonstram que a ocorrência e distribuição espaço-temporal, abundância e dominância das espécies do zooplâncton obedecem às influências principalmente da temperatura e da pluviosidade no sistema. Portanto, a sazonalidade, as características limnológicas e hidrológicas da bacia hidrográfica, além obviamente da qualidade das águas em cada estação amostral, são os principais parâmetros a governar a dinâmica das comunidades zooplanctônicas.

Como apresentado anteriormente no relatório da qualidade das águas superficiais, cada um dos locais apresenta a influência dos diversos usos do solo. A estação P1,

considerada referência, tem uma qualidade ambiental que varia entre a classe 3 e a classe 4, de acordo com a classificação do CONAMA 357/2005. Nesta, a diversidade do zooplâncton variou entre 0,67 em fevereiro e 2,56 em agosto.

Em novembro de 2022, *Kellicottia bostoniensis* apresentou 75% de frequência de ocorrência no sistema principalmente nos pontos de coleta P1, P2, P4 e P8 e não ocorreu apenas nos pontos P6 e P7. De acordo com De-Carli, et. al (2018), esse rotífero é nativo da América do Norte e possui ampla distribuição geográfica no Brasil e em outros países (**Bomfim *et al*., 2016; De-Carli *et al.*, 2017b**); é típico de ambientes eutrofizados e ricos em matéria orgânica.

A estação amostral P2 tem a influência direta de um ambiente lêntico e apresenta espécies descritoras deste tipo de ambiente, assim como a estação P4, localizada na sequência. Também tem a influência de diversos usos, como descrito já no relatório da qualidade das águas superficiais. Nos meses de baixa pluviosidade, a diversidade de espécies nestes locais foi mais baixa (em geral < 2,0) e nos meses de maiores índices pluviométricos, mais alta (em geral > 2,0). Nestes, a classificação das águas segundo o CONAMA 357/2005 para novembro e fevereiro, variou de 4 e 2 para a estação P2 e 4 e 3 para a estação P4. Em maio e agosto, foram ambas classificadas como classe 4.

A estação amostral P3 está localizada à montante do deságue no Arroio Candiota, no arroio Candiotinha, influenciada pelas atividades das indústrias cimenteiras no corpo receptor, além do cultivo de eucalipto. Nesta, a diversidade de espécies do zooplâncton, em novembro de 2022, fevereiro de 2023 e maio de 2023 variou entre 1,28 e 1,64. Nestes meses, a classificação das águas de P3 foi classe 4. Já em maio, a diversidade aumento para 2,58 e a classificação das águas passou para classe 3.

A estação P4, à montante do deságue do esgoto da usina, localizada no arroio Candiota e que visa avaliar as atividades desenvolvidas à montante da contribuição dos efluentes hídricos da Usina, em novembro de 2022, maio e agosto de 2023 é classificada como classe 4 e classe 3 em fevereiro de 2023, de acordo com a classificação proposta pelo CONAMA 357/2005. Já a diversidade de espécies variou entre 1,58 em novembro de 2021 e 2,07 em agosto de 2023.

A estação P5 localizada no arroio Candiota, à jusante do deságue do Arroio Candiotinha e à jusante do desague do efluente final líquido da Usina foi classificada em

novembro de 2022, fevereiro e agosto de 2023 como classe 3, com a diversidade variando entre 1,55 e 1,96 e em maio de 2023, classe 4 e diversidade de 2,44.

A estação P6, localizada no Arroio Poacá, após a confluência da Sanga da Carvoeira e que visa avaliar as atividades de mineração de carvão no corpo receptor, é o local de pior qualidade, classificada em todos os meses como classe 4 e cuja diversidade variou entre 0,63 em novembro de 2022, mês com baixos níveis de águas e 2,08 em agosto de 2023, com maior volume de chuvas.

A estação P7, localizada após a foz do Arroio Poacá, no arroio Candiota, à jusante de todas as fontes consideradas potencialmente geradoras de impactos ambientais foi classificada em novembro de 2022 e fevereiro de 2023 como classe 2 (diversidade de 1,33 e 1,94, respectivamente) e classe 4 em maio e agosto de 2023 (diversidade de 1,78 e 2,01, respectivamente).

A estação P8 está localizada logo após o lançamento do efluente tratado da termelétrica no arroio sem nome, que desagua posteriormente no arroio Candiota e juntamente com a estação P6, a P8 é também é considerada como pior qualidade ambiental. Nesta a classificação da qualidade da água segundo o CONAMA 357/2005, é de classe 4 em todas os meses analisados e a diversidade de espécies do zooplâncton variou entre 0,68 e 1,71.

Portanto, os resultados apresentados para o zooplâncton não são conclusivos quanto a possível influência da usina termelétrica Presidente Médici na bacia hidrográfica do arroio Candiota, uma vez que os diferentes usos do solo no seu entorno influenciam igualmente a qualidade destes ambientes. Além disso, como anteriormente ressaltado, temperatura e pluviosidade são os parâmetros mais importantes.

2.6.3.4. Referências bibliográficas

BOMFIM, F. F.; MANTOVANO, T.; SCHWIND, L. T. F.; PALAZZO F.; BONECKER C. C. & LANSAC-TÔHA, F. A. Geographical spread of the invasive species *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879) and *K. bostoniensis* (Rousselet, 1908): A scientometric approach. Acta Scientiarium, Biological Sciences 38(1):29-36. 2016.

BONECKER, C.C.; COSTA, C.L.; VELHO, L.F.M.; LANSACTÔHA, F.A. Diversity and abundance of the planktonic rotifers in different environments of the Upper Paraná River floodplain (Paraná State - Mato Grosso do Sul State, Brazil). Hydrobiologia, v. 546, n. 1, p. 405-414, 2005.

BORGES, M.G.; PEDROZO, C.S. Zooplankton (Cladocera, Copepoda and Rotifera) richness, diversity and abundance variations in the Jacuí Delta, RS, Brazil, in response to the fluviometric level. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 21, n. 1, p. 101-110, 2009.

DAJOZ, R. *Ecologia Geral*. São Paulo: Ed. Vozes, EDUSP, 1973. 472p.

DE-CARLI, B. P; ALBUQUERQUE, F. P. DE; BAYANOV, N. G.; MOSCHINI-CARLOS, V. & POMPÊO, M. L. M. Dispersão e primeiro registro da espécie invasora *Kellicottia bostoniensis* (Rotifera: Brachionidae) em dois reservatórios brasileiros. Oecologia Australis 21(4):455-460. 2017b.

DE-CARLI, B. P., ALBUQUERQUE, F. P. de., MOSCHINI-CARLOS, V., POMPÊO, M., Comunidade zooplanctônica e sua relação com a qualidade da água em reservatórios do Estado de São Paulo. Iheringia. Série Zoologia, 108, e2018013. Https://doi.org/10.1590/1678-4766e2018013. 2018.

ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. *Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil*. Brasília, Universa, 1997. 155p.

GILBERT, J.J.; BOGDAN, K.G. Selectivity of Polyarthra and Keratella for flagellate and aflagellate cells. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie, v. 21, p. 1515-1521, 1984.

JERSABEK, C D; E BOLORTSETSEG. Mongolian rotifers (Rotifera, Monogononta) – a checklist with annotations on global distribution and autecology. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. V. 159 (119-168). 2010

KOSTE, W. Rotatoria; *Die Rädertiere Mitteleuropas Ein Bestimmungswerk Begründet von Max Voigt. Uberordnung monogononta,* 2. Aul. Berlin: Gebrüber Borntraeger. 1978. 637p.

LANDA, G. G.; DEL AGUILA, L. M. R. & COELHO, R. M. P. Distribuição espacial e temporal de *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera) em um grande reservatório tropical (reservatório de Furnas), estado de Minas Gerais, Brasil. Acta Scientiarium 24(2):313-319. 2002.

LAMPERT, W.; SOMMER, U. Limnoecology: the ecology of lakes and streams. Oxford: Oxford University Press, 1997. 382 p.

LUCINDA, I.; MORENO, I. H.; MELÃO, M. G. G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. Rotifers in freshwater habitats in the Upper Tietê River Basin, São Paulo State, Brazil. Acta Limnologica Brasiliensia 16(3):203-224. 2004.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

HORVATH, F. J.; HUMMON, W. D. *Influence of mine acid on planktonic rotifers*. United States: N. p., 1980.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J.G.; ROCHA, O. Zooplankton diversity in eutrophic systems and its relation to the occurrence of cyanophycean blooms. Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie, v. 28, p. 671-674, 2002.

MONTU, M.; GOEDEN, I. M. *Atlas dos Cladocera e Copepoda (Crustacea) do estuário da Lagoa dos Patos (Rio Grande, Brasil) Nerítica, Pontal do Sul, PR* 1(2):1-134, 1986.

POURRIOT, R. Food and feeding habits of Rotifera. Arch. Hidrobio. Bein. Engelm. Limnol. 10: 243-260. 1977

RICCI, C.; FONTANETO, D. The importance of being a bdelloid: Ecological and evolutionary consequences of dormancy. Italian Journal of Zoology, September 2009; 76(3): 240–249. 2009.

RUTTNER-KOLISKO, A. Plankton rotifers. *Biology and Taxonomy.* Die Binnengewässer. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, supplementary edition, v.XXVI, part 1, 1974. 146p.

SERAFIM-JÚNIOR, M.; PERBICHE-NEVES, G.; DE BRITO, L.; GHIDINI, A. R. & CASANOVA, S. M. C. 2010. Variação espaço-temporal de Rotifera em um reservatório eutrofizado no sul do Brasil. Iheringia, Série Zoologia 100(3):233-241

2.6.4. Macrofauna Bentônica

Responsável técnica a MSc. Suzana Maria Fagondes de Freitas. CRBio:028851/03-D

O presente relatório apresenta os resultados relativos ao monitoramento da comunidade macrofauna bentônica das campanhas de novembro de 2022, fevereiro, maio e agosto de 2023. Compreende os dados compilados e a interpretação destes no monitoramento da biota aquática, da área de influência direta da Usina Termelétrica de Candiota.

O estudo busca avaliar os prejuízos ecológicos decorrentes das atividades de geração de termeletricidade, a partir da combustão do carvão mineral, usando assembleias de macroinvertebrados aquáticos (MA). O objetivo principal é atribuir a qualidade dos locais monitorados através da análise da estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área de abrangência da Usina Termelétrica Presidente Médici, de Candiota, realizadas nas oito estações amostrais estabelecidas para o projeto Biomonitoramento da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota.

Os objetivos específicos:

a) Caracterizar a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, através dos atributos composição, abundância e dominância das famílias.

b) Analisar a distribuição espaço-temporal das comunidades.

c) Analisar os resultados da aplicação de índices bióticos, para avaliação da qualidade ambiental dos pontos amostrados.

2.6.4.1. Estratégia amostral

O plano de amostragem descrito no plano de trabalho, denominado de relatório inicial foi seguido. Ratifica-se a importância da amostragem, dela dependem todas as

etapas subsequentes: quantificações, interpretação de dados, aplicação de índices e interpretação quanto à qualidade desses ambientes.

Considerando-se que:

- As estações amostrais monitoradas estão situadas dentro de sub-bacias distintas, de acordo com critérios baseados em divisores de águas e os arroios apresentam algumas características físicas distintas.
- As estações amostrais monitoradas PM2, PM3, PM4 e PM7 apresentam predominantemente sedimentos de fundos duros, compostos principalmente de pedras, cascalho e pedregulhos. Nas estações PM1, PM5, PM6 e PM8 os sedimentos predominantes são de fundos moles, comuns em lagoas e nas seções fluviais de fluxos mais lentos, áreas de deposição, de baixa energia de arroios e córregos, são compostos em grande parte de grânulos, areia, silte e argila.
- O tipo e as características do substrato estão diretamente relacionados com a composição dos organismos, tornando-se assim determinante da riqueza e abundância dos espécimes associados (TOKESHI & ARAKAKI, 2012).
- Os diferentes tipos de mesohabitat e a complexidade do substrato podem ser um importante fator na determinação da riqueza, abundância e distribuição das comunidades bentônicas.
- A análise da estrutura da comunidade da macrofauna bentônica requer amostras que possibilitem uma a identificação da abundância e riqueza dos táxons existente no arroio monitorado, no momento da coleta.
- "As amostragens deste tipo em geral se destinam a um levantamento faunístico completo, em que todos os tipos de habitat do ponto de coleta devem ser investigados, mesmo que para isso seja necessária a utilização de mais de um método e/ou equipamento." AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. (2011)
- "... a aplicação de índices bióticos em riachos pede uma amostragem exaustiva, ou seja, de todos os tipos de habitat existente no ponto de coleta, devendo, dependendo do índice a ser aplicado, ser qualitativa ou semiquantitativa." AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. (2011).
- "...o padrão de distribuição de organismos aquáticos é resultado da interação entre hábito, as condições físicas que caracterizam o habitat (substrato, fluxo, turbulência) e a disponibilidade alimentar" MERRIT & CUMMINS, (1996)

Com base no explicitado acima a estratégia amostral adotada procura contemplar trechos do canal principal e das margens junto a ambientes de corredeiras e remansos, em distintos microhabitats (substratos formados por folhiço, lama, areia, detritos e cascalho).

Em cada estação são utilizados pelo menos dois amostradores distintos, de forma a contemplar diferentes mesohábitats. Como resultado obtêm-se um conjunto de amostras que amplia a eficiência na busca dos diversos táxons associados aos diferentes substratos, coletados com Surber, Draga e/ou rede de mão. De acordo, com as características físicas de cada arroio e com a altura da lâmina d'água.

Figura 164 - Equipamentos utilizados em campo: a) Draga de Petersen (modificada); b) coletor Surber (malha de 250μm); c) rede de mão (malha de 250μm)



Esta comunidade vem sendo monitorada nesta área de acordo com os protocolos existentes. Os espécimes coletados pelos diferentes métodos foram identificados em laboratório com o auxílio de estereoscópico microscópio, baseados em chaves dicotômicas de classificação e consulta a materiais bibliográficos. A classificação dos organismos foi realizada principalmente ao nível taxonômico de família para que fossem obtidos o número total de táxons e o número de organismos de cada táxon. De acordo com ROSEMBERG e RESH (1993) a riqueza pode ser utilizada em níveis taxonômicos como Espécie Gênero, Família e Ordem. O nível taxonômico de família é recomendado por sua relativa facilidade, com capacidade de se traduzir em informação ecológica.

Para a discussão dos dados referentes à abundância relativa adotou-se a nomenclatura apresentada por Mc CULLOUGH & JACSON (1985) apud BRANDIMARTE (1991) na qual os grupos com abundância entre 50 -100% são considerados dominantes; entre 30-49% abundantes; entre 10-29% comuns; entre 1 e 9% ocasionais e <1% raros. A definição da constância de ocorrência das espécies nas amostras foi baseada nas porcentagens sugeridas por DAJOZ (1973): 0 a 25% as ditas espécies ocasionais; >25 a 50% acessórias e >50% as espécies constantes.

A diversidade da comunidade de invertebrados aquáticos foi estimada a partir da análise da diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (J). Os Índices bióticos, IBMWP, que consideram a tolerância e sensibilidade dos organismos (adaptação de ALBA-TERCEDOR & SÁNCHEZ-ORTEGA, 1988), o BMWP-ASPT e o EPT.

2.6.4.2. Resultados e discussão

Os dados apresentados relativos à composição e abundâncias da macrofauna bentônica constam nas tabelas (em anexo) e representam uma síntese de várias etapas de um estudo minucioso, pormenorizado, do conjunto de amostras analisadas na sua integralidade.

Em cada estação sazonal foram obtidas um conjunto de 44 amostras, totalizando 176 amostras para o período. O número total de macroinvertebrados coligidos nas amostras, considerando-se todas as estações amostrais e as quatro campanhas de coleta, foi de 88.093 espécimes, distribuídos em 92 táxons aquáticos e semiaquáticos, pertencentes a macro e meio fauna bentônica.

A comunidade de macroinvertebrados encontrada nas estações da bacia do Arroio Candiota, esteve representada por todos os grupos taxonômicos comumente citados como representantes da comunidade lótica bentônica.

Esteve constituída de vários táxons, em diferentes estágios de desenvolvimento, pertencentes a diferentes Filos, Ordens e Classes, resultando em uma comunidade composta por organismos com distintos graus de tolerância às modificações ambientais.

A comunidade de macroinvertebrados está representada por vários filos: Platelmintos (planárias), anelídeos (minhocas, sanguessugas), moluscos (caramujos e bivalves), crustáceos (camarões, caranguejos), insetos e outros (HAUER E RESH, 1996).

São vários organismos de distintas formas e características ecológicas, de múltiplos requisitos ambientais, vivendo toda ou parte da sua vida nesse ambiente, com limitada capacidade de deslocamento, ficando sujeitos a todo o tipo de alteração na qualidade da água e dos sedimentos.

Os macroinvertebrados encontrados pertencem aos Filos Cnidaria, Arthropoda, Mollusca, Annelida, Nematoda e Platyhelminthes estão apresentadas nas tabelas que seguem (Quadro 173).

Quadro 173 - Registro da ocorrência dos taxa da macrofauna (P = primavera 2022, V = verão, O = outono e I= inverno de 2023

Táxons	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Filo Cnidaria								
Hydridae				P				
Filo Arthropoda								
Chelicerata: Acari								
Hidracarinae	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	VO	PVOI	P
Oribatida	I	O	I	P	PI		O	
Crustacea: Decapoda								
Aeglidae	PVOI							
Ostracoda								
Candonidae	PV	PVI	PVOI	PVOI	PI	VOI	O	I
Cyprididae	PVOI	PVO	PVOI	PV	V	VO	PVOI	PVOI
Darwinulidae	PV	P	PV	PI				P
Limnocytheridae	V		P				PV	O
Amphipoda								
Dogielinotidae	PV	VI	O				PV	I
Entognatha								
Collembola								
Entomobryomorpha	PVI	VO	VOI	O	VOI	OI	V	O
Poduromorpha					I			
Insecta								
Coleoptera								
Curculionidae	PO	P		O			O	

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Dryopidae		I	V				P	
Dytiscidae	P	VO	VO	PV	0	PO	P	I
Elmidae	PVI	PVOI	PVOI	PVOI	PV	OI	PVO	PVI
Gyrinidae		V	O			P		
Hebridae	O	O						
Lutrochidae							P	
Hydrophilidae		OI	PVO	PO			P	
Psephenidae	O	VI	O	PVI				
Ptilodactylidae					I			
Scarabaeidae							I	
Scirtidae	P			P				
Staphylinidae	PVOI	PVO	PVO	PO	OI		O	PO
Diptera								
Athericidae			PI					
Ceratopogonidae	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVI	PVOI	PVO	VOI
Chaoboridae		I	VO	I				
Chironomidae	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI
Culicidae	VI	I	V	PVO		V	P	
Dolichopodidae	O			PI	I			PI
Empididae	PVO	PVO	PVO	PVO	PVO	PVO	PV	POI
Ephydridae				I	I			
Muscidae	I			O	O			O
Psychodidae		O	PO	POI			OI	PO
Simuliidae	PVOI	PVOI	PVI	PVOI	P		0	0
Tabanidae	PV		PVO	V	O		PVO	V
Tipulidae	PVOI	VO	PVI	VI	PO	O	VOI	PVO
Ephemeroptera								
Baetidae	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PV	V	PVO	O
Caenidae	PVOI	PVOI	POI	PVOI	VO	V	PVO	V
Leptohyphidae	PVOI	PVOI	PVI	PVOI	V		PVO	
Leptophlebiidae	PVI	PVOI	PVOI	PVI			V	
Polymitarcyidae		V						

Continua.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Heteroptera								
Gerromorpha								
Gerridae	VO	PVI	V				P	
Hydrometridae	PO							
Mesoveliidae	O		O				PO	
Vellidae	VOI	VO	PVI	PVO	P			
Nepomorpha								
Belostomatidae	V	PVI	V	I	P	0	0	0
Corixidae	V	P	VI		P		O	P
Nepidae		V						
Naucoridae			PV					
Noteridae		V						
Notonectidae			V		P		PV	
Homoptera								
Aphididae		O	O	P	I	O		
Lepdoptera								
Pyralidae		PVOI	PV	PVOI	PV		PV	
Megaloptera								
Corydalidae	PV	PVOI	PV	VI		I		PVOI
Neuroptera								
Sisyridae	I							
Odonata								
Calopterygidae	PV	PV	P	PVI				
Coenagrionidae	V	PVO	PV	PV	V	VO	V	PO
Dicteriadidae		P						
Gomphidae			VI		P		PVI	
Libellulidae	VO	PVO		PVOI	V		PVO	

Continua.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

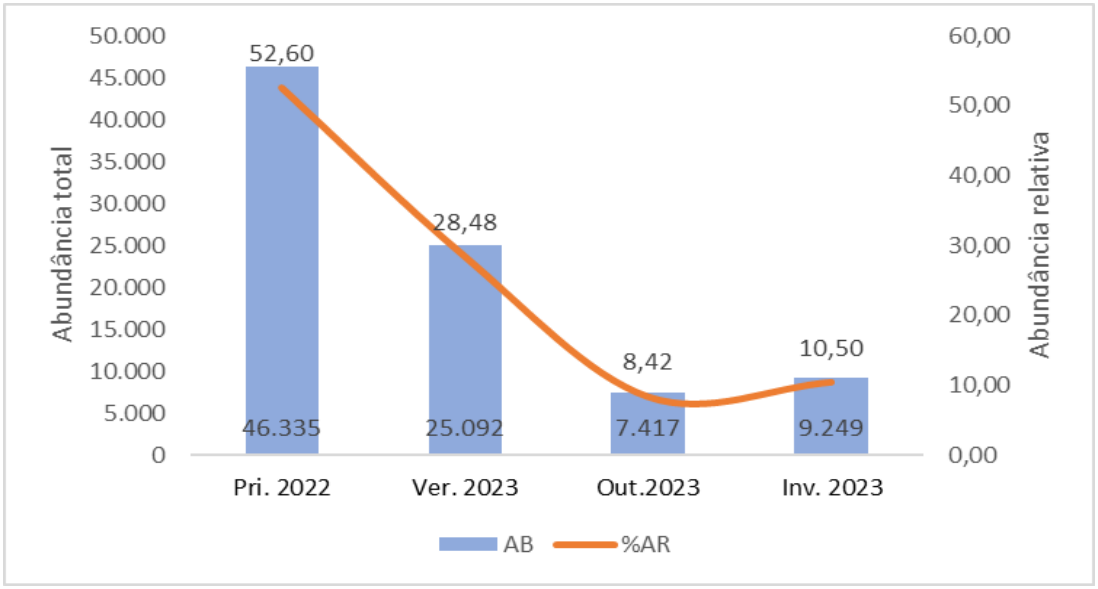
Plecoptera								
Gripopterygidae	PI	I		VI				
Perlidae	V	PV	PVI	VI				
Trichoptera								
Calamoceratidae	P							
Glossosomatidae		PV	P	V				
Hydrobiosidae		PV	V	PVI				
Hydropsychidae	PVOI	PVO	PV	PVOI	PV		PV	PV
Hydroptilidae	PVOI	PVO	PV	PVI	PV		PV	
Leptoceridae	PVI	PVO	PVOI	PVOI	PV		PVO	
Odontoceridae			PV					
Philopotamidae	VI	PVO	PV	PVI				
Polycentropodidae	V	V	V	VI	O	V	V	VO
Filo Mollusca								
Gastropoda								
Ancylidae	PVO	PVO	PVO	PVO	PVO	P	PVO	PV
Ampullaridae	PVO	PV			I		V	V
Cochliopidae	PVI	PVOI	VOI	PVOI	PVI		PVOI	V
Lymnaeidae		PO		VO			V	
Physidae	V		V	P				0
Planorbidae	POI	POI	OI	PO	PI		O	V
Bivalvia								
Bivalvia jovem (ind.)	PVI	PVOI	P	PV	PV		PV	PV
Cyrenidae	PVI	PI	P	PV	P			
Hyriidae	PI		I		PV		P	
Sphaeridae	VOI	PVO	PVO	PVI	PV		PVI	VO
Filo Platyhelminthes								
Turbellaria								
Tricladida (ind.)	I	I						
Dugesiidae	PI	P	PV	PV			PV	
Temnocephalida	VOI		P					
Filo Nemata	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI
Filo Annelida								
Oligochaeta								
Megadrilli	V	O			O		PI	
Enchytraeidae	POI	PVOI	OI	PVI	OVOI	OI	PVOI	PVOI
Naididae	PVOI	PVI	PVOI	PVI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI
Hirudinida								
Glossiphoniidae	PVOI	PVO	PVO	PVO	PVI	VOI	PVOI	PVOI
Filo Nematomorpha	VOI		VO	P	P			

2.6.4.3. Abundâncias

A abundância de espécies também pode ser utilizada como medida de diversidade de espécies, podendo ser aplicada para outras categorias taxonômicas. O que é positivo em se tratando de espécies da macrofauna aquática, cuja taxonomia de alguns é desconhecida ou de difícil identificação, como os estágios iniciais de larvas e pupas.

A abundância total de organismos encontrados nas amostras, nas oito estações monitoradas, variou muito entre as estações do ano. Na primavera e no verão os valores de abundância foram os mais altos do período, respectivamente 46.335 e 25,092 ind., o que corresponde a uma abundância relativa de 81,08%, do total calculado para o período (Figura 165).

Figura 165 - Abundância absoluta e relativa da comunidade de macroinvertebrados, de acordo com estações sazonais



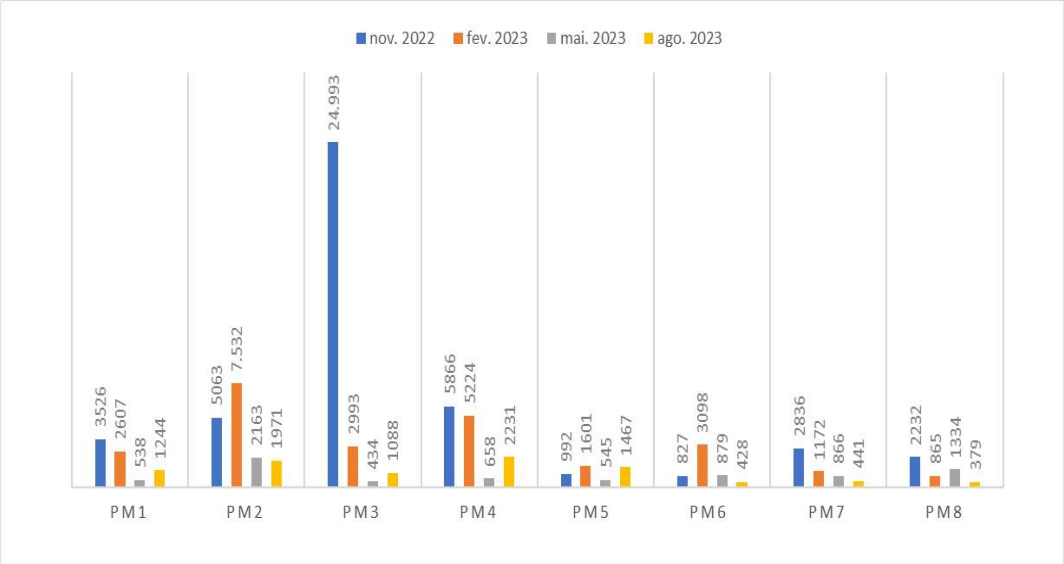
No outono, assim como no inverno, o número de indivíduos foi bem menor, a abundância média pode ser considerada baixa, se comparada aos valores encontrados nas demais campanhas. Os menores valores de abundância registrados nas quatro campanhas foram no outono, 7.417 organismos, 8,42% do total encontrado para o período.

Embora as razões da variação na abundância ainda não sejam completamente estabelecidas, o certo é que perturbações naturais ou provocadas podem levar a alterações que podem induzir a modificações na estrutura da comunidade da macrofauna bentônica.

A distribuição e as abundâncias de macroinvertebrados em ambientes aquáticos podem variar muito. Dentre os diversos fatores ambientais a velocidade das águas é um fator muito importante. É sabido que eventos de cheia abruptos (trombas d'água) ou outros eventos que causem variações drásticas no fluxo acabam por levar a grandes modificações na estrutura física dos habitats e consequentes efeitos deletérios nas populações locais. Estes efeitos podem ser mais ou menos intensos, de acordo com algumas variáveis, entre elas está na incapacidade de alguns táxons conseguirem se manter no local, sendo arrastados para outros locais.

A Figura 166 apresenta as abundâncias absolutas de cada uma das estações monitoras de acordo com o período das campanhas de coleta.

Figura 166 - Abundância total dos macroinvertebrados bentônicos, de cada uma das estações monitoradas, nas quatro estações sazonais



Os maiores picos de abundância foram encontrados na primavera e no verão, respectivamente nas estações PM3 (24.993 ind.) e PM2 (7.532 ind.), (Figura 3). As tabelas em anexo apresentam os valores em número absoluto, o número médio de organismos e as abundâncias relativas de cada um dos táxons.

2.6.4.4. Abundância Relativa (%AR) dos táxons em cada estação sazonal

O cálculo da abundância relativa demonstra o quanto que uma espécie representa proporcionalmente em uma comunidade. De acordo com Mc CULLOUGH & JACSON (1985), os táxons foram classificados como dominantes 50-100%; abundantes entre 30-49%; comuns entre 10-29%; ocasionais entre 1 e 9% e raros <1% de abundância relativa.

Considerando os valores médios de todos os organismos encontrados para a comunidade de invertebrados, das quatro campanhas e todas as estações de coleta, Chironomidae e Simuliidae (Diptera) apresentaram os valores mais elevados, respectivamente 31,76% e 25,58% considerados como táxons abundantes e comuns.

Os táxons das famílias Chironomidae e Simuliidae constituem-se em dois grupos importante de insetos, frequentemente ocorrendo em altas densidades. Apresentam ampla distribuição, com alguns requisitos ambientais, de acordo com as espécies.

Chironomidae é a família mais abundante da ordem Diptera que tem ampla distribuição em ambientes aquáticos continentais. Altamente especiosa, caracterizada por possuir táxons muito resistentes a distúrbios na água e por suportarem baixas concentrações de oxigênio dissolvido, colonizando uma grande variedade de biótopos, vivendo sob as mais diversas condições ambientais (PINDER, 1986; SANSEVERINO, et al., 1998) e que por esta razão podem ser encontrados tanto em águas límpidas quanto contaminadas (CALLISTO et al., 2001).

São fundamentais como elo entre produtores e consumidores, nas teias tróficas das comunidades aquáticas (CRANSTON & EPLER, 1983; ARMITAGE, CRANSTON & PINDER, 1995).

Os adultos, geralmente, apresentam aparelho bucal atrofiado, estando esse estágio relacionado, principalmente, à função de reprodução e dispersão (COFFMAM & FERRINGTON, 1996).

Os táxons de Simuliidae são popularmente conhecidos como "borrachudos", ou também chamados de “moscas negras”, apresentam ampla distribuição mundial. Sua distribuição e abundância podem ser influenciadas pela vazão dos cursos d’água, disponibilidade de substratos para a fixação das formas imaturas, substâncias dissolvidas

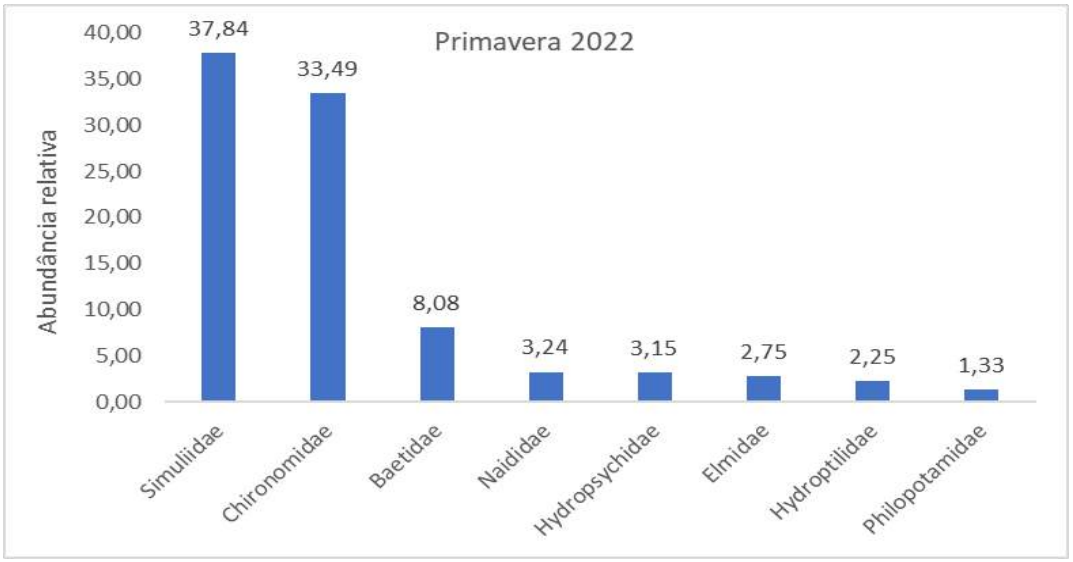
na água, composição da vegetação ciliar e pela ação do homem nas áreas limítrofes (STRIEDER et al., 2002).

Com os estágios de desenvolvimento, ovo, larva e pupa no ambiente aquático, apresentam uma postura de 200 a 300 ovos em média. Em condições favoráveis, as larvas podem ocorrer em grandes quantidades, com densidades populacionais acima de 1 milhão de indivíduos/m² (CURRIE & ADLER, 2008). Nos ecossistemas aquáticos e terrestres são fonte de alimento para peixes e insetos. Mas, talvez sejam mais conhecidos pelos hábitos hematófagos das fêmeas adultas que causam picadas dolorosas.

Na sequência, apresentam-se os gráficos da abundância relativa de macroinvertebrados de cada uma das estações sazonais.

Na campanha da primavera, Figura 167, os dípteros Simuliidae (37,84%) e Chironomidae (33,49%), foram abundantes. Os táxons com valores de abundância relativa entre Baetidae (Ephemeroptera) (8,08%) e Philopotamidae (Trichoptera) (1,33%) foram ocasionais. Os 70 táxons considerados raros apresentaram abundâncias relativas menores do que 1%.

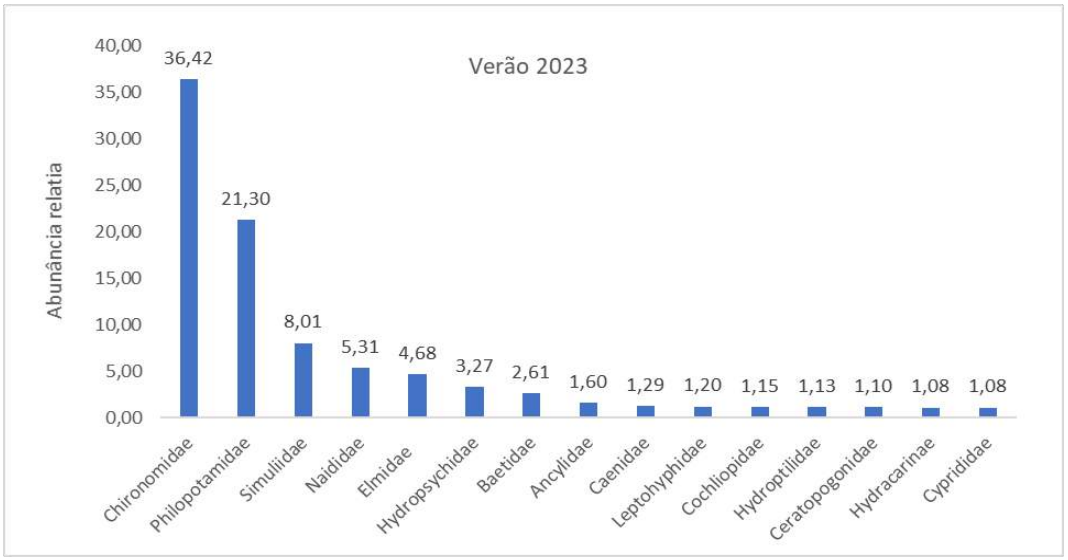
Figura 167 - Abundância relativa dos táxons com valores acima de 1%, na Primavera de 2022



No verão, a família Chironomidae (36,42%) foi abundante, Philopotamidae (21,30%) foi comum. Os taxons Simulidae (8,01%) e mais treze táxons com valores inferiores e acima de 1% (Naididae (Oligochaeta), Elmidae (Coleoptera),

Hydropsychidae (Trichoptera), Baetidae, Ancylidae (Gastropoda), Caenidae e Leptohyphidae (Ephemeroptera), Cochliopidae (Gastropoda), Hydroptilidae (Trichoptera), Ceratopogonidae (Diptera) e Hydracarinae (Acari) foram ocasionais, (Figura 168). Os demais 55 táxons com valores inferiores a 1% foram considerados raros.

Figura 168 - Abundância relativa dos táxons com valores acima de 1%, verão de 2023



No outono não houve a ocorrência de táxon abundante, Chironomidae (24,73%) e Enchytraeidae (Oligochaeta) com 17,10% de abundância relativa foram comuns Cochliopidae, Naididae, Nematoda (Nemata), Entomobryomorpha (Collembola), Ceratopogonidae, Polycentropodidae (Trichoptera), Baetidae, Cypridídae (Ostracoda), Hydropsychidae, Glossiphoniidae (Hirudinea), Elmidae, Bivalvia (forma jovem indeterminada), Ancylidae e Caenidae, com valores que oscilaram entre 6,77% e acima de 1%, foram classificados como ocasionais (figura 169). Os demais 44 táxons, considerados raros, apresentaram as mais baixas abundâncias relativa.

Figura 169 - Abundância relativa dos táxons com valores acima de 1%, no outono de 2023

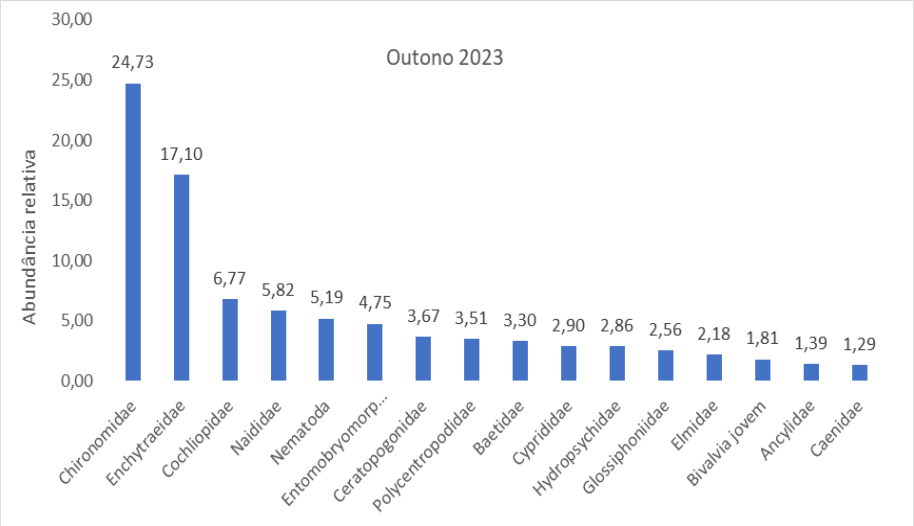
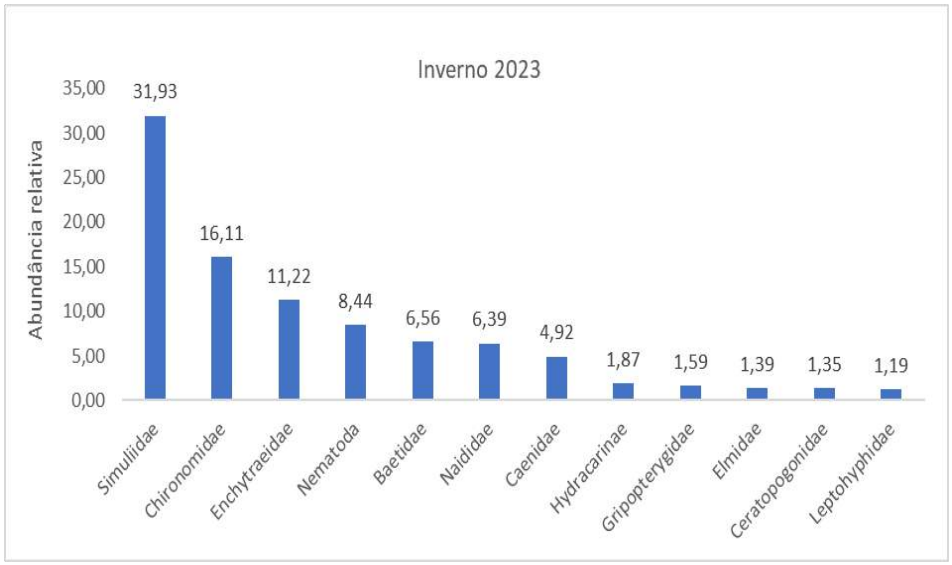


Figura 170 - Abundância relativa dos táxons com valores acima de 1%, no outono de 2023



No inverno, Simulidae foi o táxon mais abundante, com 31,93%. Chironomidae e Enchytraeidae com respectivamente 16,11% e 11,22% foram os táxons comuns. Nematoda, Baetidae, Naididae, Caenidae, Hydracarinae, Gripopterygidae (Plecoptera), Elmidae, Ceratopogonidae e Leptohyphidae acima de 1%, ocasionais, (Figura 170). Os outros 58 táxons apresentaram valores de abundância relativa inferiores a 1%.

A exceção foi a abundância relativa de Enchytraeidae (Oligochaeta) no outono com 17,10% e no inverno 11,22%. Espécimes desta família apresentam características similares das minhocas, como o hermafroditismo, clitelo e poucas cerdas sobre o corpo metamérico, cuja espécies são majoritariamente terrestres.

São característicos de ambientes terrestres, porém algumas espécies podem ser encontradas em ambientes aquáticos e solos encharcados (BRINKHURST e MARCHESE, 1989). As espécies aquáticas são comumente encontradas em ambientes ecotonais (SCHMELZ & COLLADO, 2010).

De acordo com SAUTER & GÜDE, (1996) o padrão de distribuição Enchytraeidae é influenciada pelo tamanho das partículas do substrato, (apresentando maiores valores de densidades em regiões com substrato com maior porcentagem de areia média (SURIANI-AFFONSO et al., 2011).

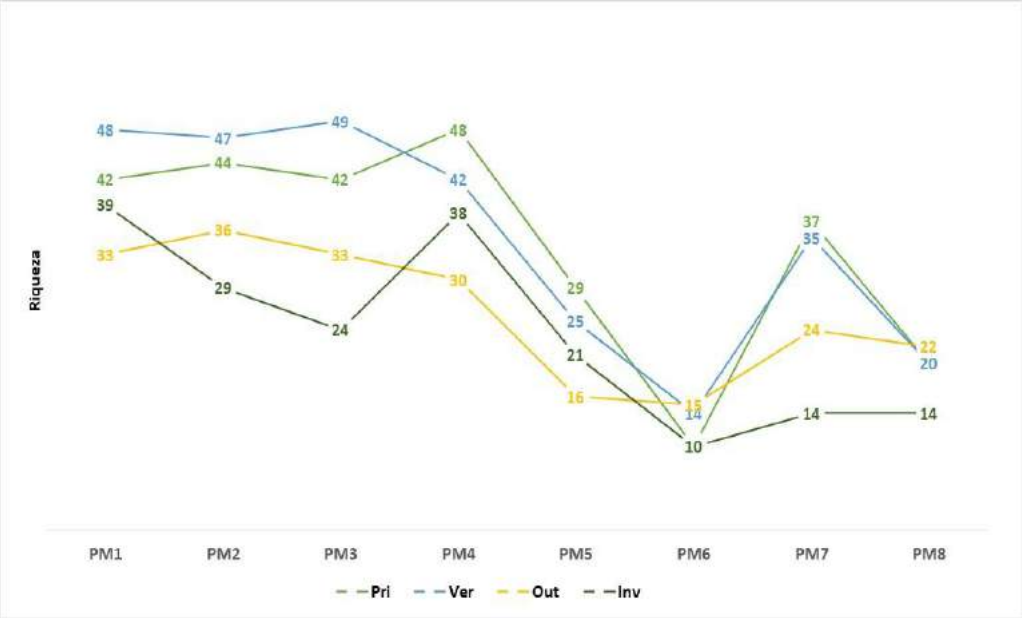
2.6.4.5. Riqueza de táxons

Está métrica de fácil compreensão, nada mais é do que a contagem do número de diferentes indivíduos em uma determinada área, através da riqueza taxonômica. Diferentemente de outros organismos que compõem a biota dos sistemas hídricos, principalmente em rios e arroios, a variabilidade deste grupo é muito grande, incluindo diferentes filos, ordens, famílias etc.

Para RAHBEK (1995) independentes de regiões a utilização do nível de família pode reduzir erros de identificações, problemas de subamostragem e aumentar a confiabilidade e robustez dos padrões revelados em gradientes longitudinais e ambientais.

Na Figura 171, constam os valores de Riqueza de taxa encontrada para o período, novembro de 2022 a agosto de 2023. No presente estudo os valores mais elevados nas quatro estações sazonais foram na PM1, PM2, PM3 e PM4 com uma perda de alguns táxons no outono e no inverno de 2023. O valor máximo encontrado para a riqueza foi de 49 táxons, na estação PM3, no verão. Os menores valores foram nas estações PM6, PM7 e PM8.

Figura 171 - Valores da riqueza de táxons, relativos às quatro campanhas amostrais



A partir da matriz biótica dos oito pontos amostrados foi calculado o índice de diversidade de Shannon (H') e para auxiliar na interpretação do H' também foi calculada a equitabilidade de Pielou (Quadro 174)

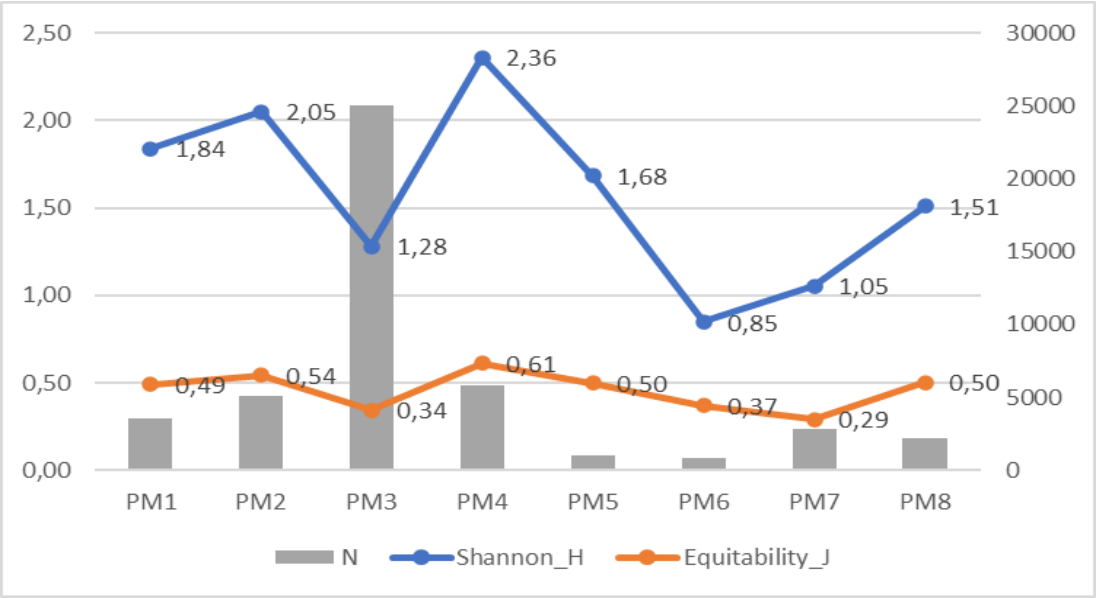
Quadro 174 - Valores do índice de diversidade de Shannon Wiener (H') e equitabilidade de Pielou para os 8 pontos amostrados na bacia do Candiota no período de 2022 e 2023

	Primavera		Verão		Outono		Inverno	
Pontos	H`	J	H`	J	H`	J	H`	J
PM1	1,84	0,49	2,05	0,37	2,29	0,59	2,29	0,62
PM2	2,05	0,54	2,58	0,47	1,34	0,72	1,34	0,40
PM3	1,28	0,34	2,57	0,72	1,90	0,73	1,90	0,60
PM4	2,36	0,61	2,36	0,57	1,37	0,69	1,37	0,38
PM5	1,68	0,50	1,76	0,46	1,39	0,63	1,39	0,46
PM6	0,85	0,37	1,92	0,26	1,85	0,71	1,85	0,80
PM7	1,05	0,29	2,28	0,77	1,74	0,72	1,74	0,66
PM8	1,51	0,50	1,86	0,59	1,21	0,60	1,21	0,46

Nas Figuras 172 até 175 apresenta-se os valores de abundância (N), e os valores encontrados para os índices de equitabilidade de Pielou. e da diversidade de Shannon, do software PAST (Palaeontological Statistics).

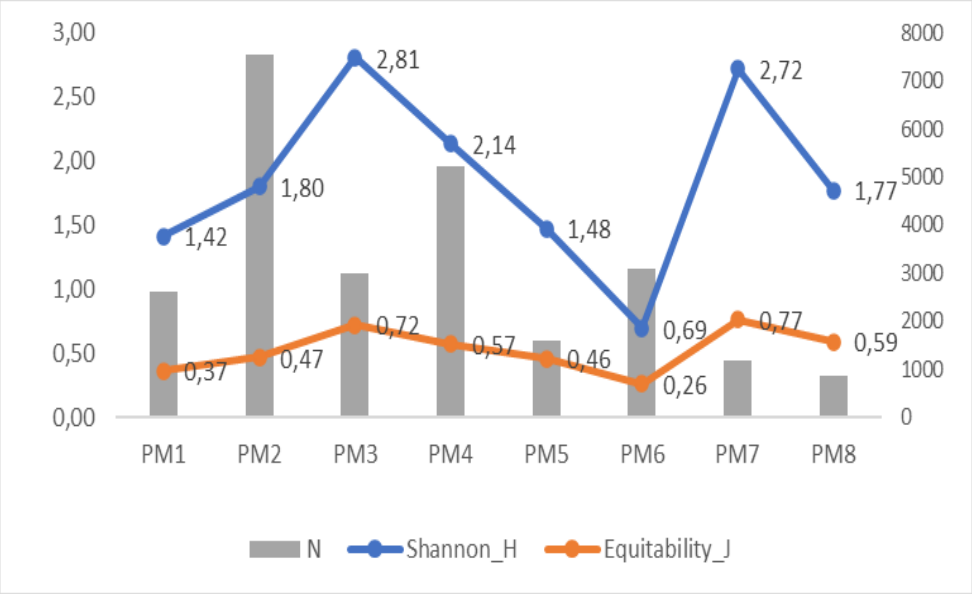
Na primavera os valores mais altos da diversidade de Shannon foram nas estações PM4 com 2,36 bits e PM2 com 2,05 bits. Ambas com uma abundância (N) e riqueza altas, uma abundância relativa (AR) um pouco mais equitativa, de respectivamente, 0,61 e 0,54 para o valor do índice de Pielou calculado. Assim como nestas, na estação PM3 também foi registrada uma alta abundância, 24.993 ind. e uma riqueza de 42 taxa, porém a família Simuliidae, com uma abundância de 14.642 representou 58,58% e Chironomidae com 6.222 ind., abundância relativa de 24,89% implicaram em um baixo valor de 0,34 para a equitabilidade de Pielou. O mais baixo valor de diversidade na primavera foi na PM6, 0,85 bits.

Figura 172 - Resultado da aplicação do índice de diversidade de Shannon (H') e da Equitabilidade de Pielou, novembro /2022



No verão, a maior diversidade foi na estação PM3, 2,81 bits, equitabilidade de 0,72. uma abundância mais baixa, sem um pico de abundância como na campanha de primavera e uma riqueza mais alta. Situação semelhante foi a da estação PM7, diversidade de 2,72 bits, equitatividade de 0,77, menores abundância e riqueza.

Figura 173 - Resultado da aplicação do índice de diversidade de Shannon (H') e da Equitabilidade de Pielou, fevereiro/2023.



Nas campanhas de coletas do outono e inverno as abundâncias foram bem mais baixas, representando 18,92% do número de organismos encontrados para todo o período. Foram 7.417 ind. no outono e 9.433 ind. no inverno. Também houve uma perda de táxons (Tabela 2). As diversidades foram mais altas no outono em comparação ao inverno, em praticamente todas as estações monitoradas, com exceção da estação PM1.

Figura 174 - Resultado da aplicação do índice de diversidade de Shannon (H') e da Equitabilidade de Pielou, maio/2023

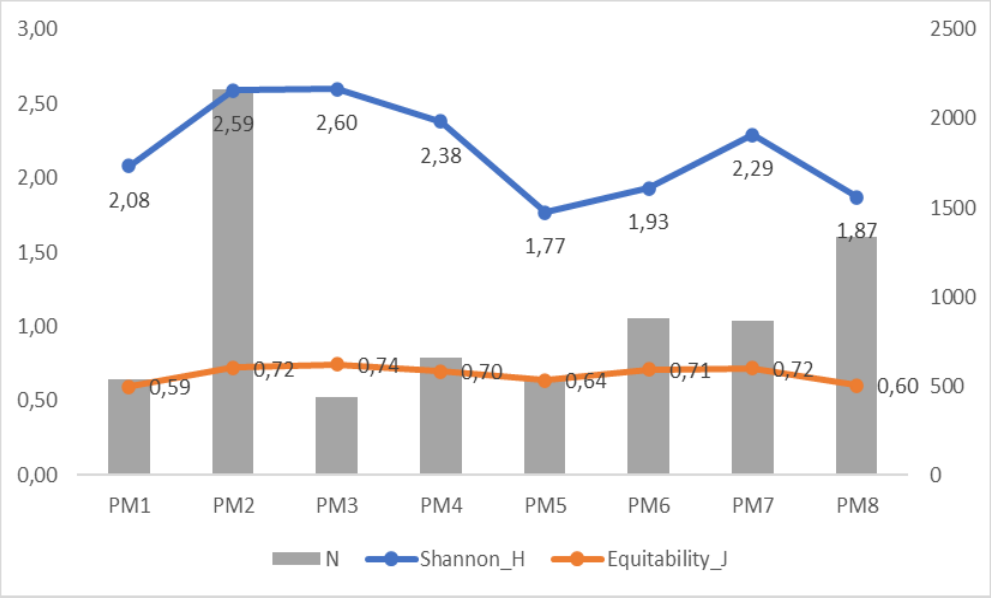
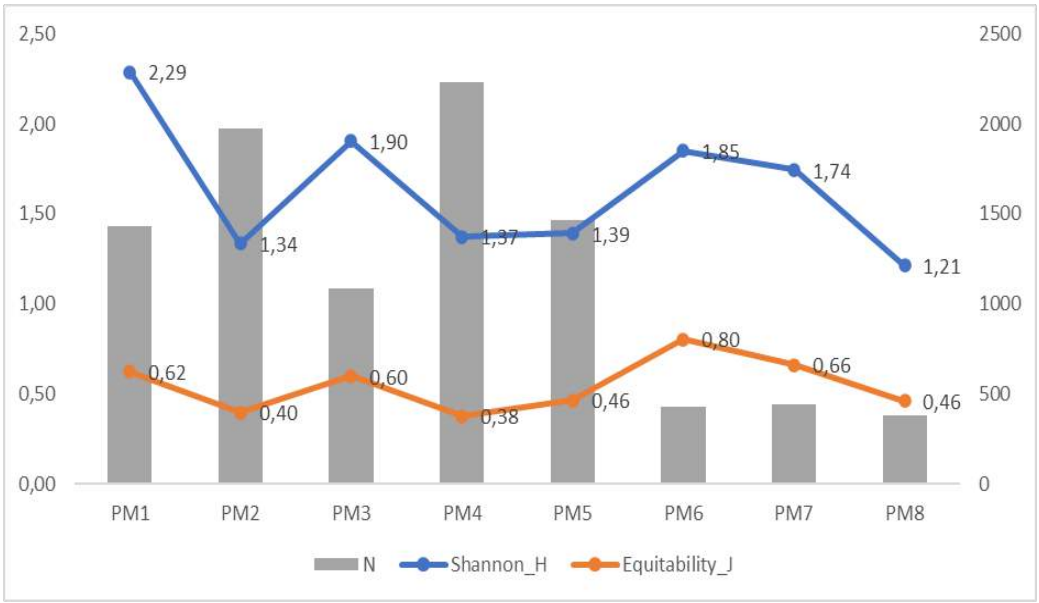


Figura 175 - Resultado da aplicação do índice de diversidade de Shannon (H') e da Equitabilidade de Pielou, agosto/2023



2.6.4.6. Índices Bióticos

Em relação à tolerância frente a adversidades ambientais os macroinvertebrados bentônicos são comumente classificados em três grupos principais (dentro de cada grupo pode haver exceções). Organismos sensíveis ou intolerantes, organismos tolerantes e organismos resistentes.

Os sensíveis ou intolerantes são sensíveis a degradação da qualidade das águas, como entrada de orgânicos, substâncias toxicas, assim como aos distúrbios ambientais provocados por fatores naturais ou antropogênicos.

Entre os macroinvertebrados bentônicos os insetos aquáticos principalmente os representantes das ordens de Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera são os que melhor se encaixam neste grupo. São comuns em córregos de baixa ordem, frequentemente sensíveis às perturbações antrópicas e, por isso, podem ser usados como indicadores de boa qualidade ambiental (ROSENBERG; RESH, 1993); (CAMPELLO et al., 2005).

A utilização destes táxons na avaliação das condições se deve a sensibilidade de suas formas imaturas, principalmente em função da intolerância do grupo às baixas concentrações de oxigênio. Esta sensibilidade difere de acordo os diferentes táxons dentro das respectivas ordens.

Vários órgãos internacionais têm associado estas ordens aos parâmetros limnológicos estabelecidos pela legislação própria para a qualificação da água utilizam na realização de monitoramentos biológicos com a comunidade de macroinvertebrados bentônicos o Índice biótico %EPT, que utiliza a porcentagem dos insetos das Ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Tricoptera

Para aplicação do índice efetua-se o cálculo da abundância relativa dos organismos destas três ordens em relação ao número total de organismos da amostra. O

Quadro 175 apresenta os critérios para avaliação da qualidade com base nos percentuais relativos calculados.

Quadro 175 - Qualidade da água de acordo com os percentuais de espécimes das Ordens de Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, em relação aos demais invertebrados

Percentagem de EPT	Qualidade da água
75% - 100%	Muito boa
50% -74%	Boa
25 % - 49%	Regular
0% - 24%	Ruim

Na primavera os valores encontrados para as famílias destas ordens evidenciaram uma maior abundância destes táxons nas estações PM4 (35,73%) e PM2 (30,50%), sendo então classificadas segundo estes parâmetros como de qualidade regular. As demais estações com valores entre 0 e 24% recebem a classifica de uma qualidade ruim.

No outono os melhores percentuais foram na PM2, classificada como águas de boa qualidade, com 62,29% de abundância relativa, destes valores 50,82% foram de Philopotamidae. A PM4 que apresentou o segundo maior valor 39,15%, as estações PM3 e PM7 com os valores de respectivamente 27,03% e 24,74% foram classificadas como de águas com qualidade regular.

Quadro 176 - Valores percentuais de espécimes de Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, em relação aos demais invertebrados

nov. 2023	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Caenidae	1,25	0,20	0,12	0,07	0	0	0,39	0
Baetidae	6,04	10,55	8,39	14,05	2,52	0	1,90	0
Leptohyphidae	3,97	1,84	0,36	1,52	0	0	0,71	0
Leptophlebiidae	2,52	0,97	0,50	0,03	0	0	0	0
Calamoceratidae	0,20	0	0	0	0	0	0	0
Glossosomatidae	0	0,04	0,01	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae	0	0,14	0	0,19	0	0	0	0
Hydropsychidae	4,31	6,89	1,50	2,90	0	0,12	2,01	15,91
Hydroptilidae	0,06	0,69	0,90	12,90	0,50	0	0,56	0
Leptoceridae	0,43	1,74	0,03	1,82	0,71	0	0,81	0
Odontoceridae	0	0	0,04	0	0	0	0	0
Philopotamidae	0	7,49	0,41	2,25	0	0	0	0
Gripopterygidae	1,73	0	0	0	0	0	0	0
Perlidae	0	0,16	0,21	0	0	0	0	0
Valor %EPT	20,50	30,50	12,47	35,73	3,73	0,12	6,38	15,91

Quadro 177 - Valores percentuais de espécimes das Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, em relação aos demais invertebrados

fev. 2023	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Caenidae	0,08	1,13	4,74	0,04	1,44	0,06	5,29	0,58
Baetidae	1,57	2,32	8,02	3,16	0,81	0,13	1,45	0
Leptohyphidae	0,19	1,51	1,97	0,65	0,87	0	6,48	0
Leptophlebiidae	0,08	1,85	0,37	0,23	0	0	1,19	0
Polymitarcidae	0	0,12	0	0	0	0	0	0
Glossosomatidae	0	0,01	0	0,04	0	0	0	0
Hydrobiosidae	0	0,15	0,17	0,65	0	0	0	0
Hydropsychidae	0,27	4,41	2,91	3,33	0,12	0	8,62	13,53
Hydroptilidae	0,38	0,58	0,87	3,56	0,94	0	0,26	0
Leptoceridae	0,69	1,01	3,14	0,42	0,56	0	0,85	0
Odontoceridae	0	0	0,07	0	0	0	0	0
Philopotamidae	0,08	50,82	3,64	26,90	0	0	0	0
Polycentropodidae	0,42	0,09	0,90	0,06	3,69	0	0,60	0,46
Gripopterygidae	0	0	0	0,06	0	0	0	0
Perlidae	0,08	0,28	0,23	0,06	0	0	0	0
Valor %EPT	3,76	64,29	27,03	39,15	8,43	0,19	24,74	14,57

As campanhas de maio e outono ocorreram durante um longo período de muitas chuvas, fato que possivelmente possa ter influenciado na piora da qualidade das águas, de acordo com este índice. A exceção da estação PM3 que apresentou um valor 66,8%,

composto principalmente por Baetidae e Caenidae, e foi classificada como águas de muito boa qualidade. A PM1 de qualidade regular e as demais foram classificadas como ruim. As estações PM5, PM7 e PM8 não apresentaram táxons destas ordens no outono. A PM6, não apresentou no outono e no inverno.

Quadro 178 - Valores percentuais de espécimes das Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, em relação aos demais invertebrados

mai. 2023	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Caenidae	1,12	1,76	5,07	1,22	0,92	0	1,96	0
Baetidae	5,39	4,58	12,90	2,43	0	0	4,27	0,60
Leptohyphidae	0,19	1,43	0	1,52	0	0	1,39	0
Leptophlebiidae	0	0,92	0,23	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	10,41	6,70	0	1,67	0	0	0	0
Hydroptilidae	0,19	0,09	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae	0	0,69	0,46	0,76	0	0	0,46	0
Philopotamidae	0	2,45	0	0	0	0	0	0
Polycentropodidae	0	0	0	0	2,20	0	0	18,59
Valor %EPT	17,29	18,63	18,66	7,60	3,12	0,00	8,08	19,19

Quadro 179 - Valores percentuais de espécimes das Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, em relação aos demais invertebrados

ago/23	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Caenidae	1,69	4,72	29,14	1,08	0	0	0	0
Baetidae	9,49	3,86	30,79	3,50	0	0	0	0
Leptohyphidae	0,80	1,01	4,41	1,43	0	0	0	0
Leptophlebiidae	1,05	0,36	0,83	0,54	0	0	0	0
Hydrobiosidae	0	0	0	0,04	0	0	0	0
Hydropsychidae	1,29	0	0	0,09	0	0	0	0
Hydroptilidae	0,32	0	0	0,40	0	0	0	0
Leptoceridae	0,24	0	0,37	0,09	0	0	0	0
Philopotamidae	0,32	0	0	0,04	0	0	0	0
Polycentropodidae	0	0	0	0,09	0	0	0	0
Gripopterygidae	9,89	0,20	0	0,90	0	0	0	0
Perlidae	0	0	0,64	0,54	0	0	0	0
Valor %EPT	25,08	10,15	66,18	8,74	0	0	0	0

Salienta-se que contribuíram para estes resultados, valores baixos da abundância relativa de EPT, o maior número de espécimes dos dípteros Chironomidae e Simulidae, e dos oligoquetas Naididae e Enchytraeidae, que ocorreram em altas densidades.

Dados pretéritos nos permitem afirmar que ao longo do monitoramento as estações PM1, PM2, PM3 e PM4 tem apresentado as maiores porcentagens das famílias Ephemeroptera, Plecoptera e Tricoptera (EPT) quando comparada as demais estações monitoradas.

Outro importante índice biótico para ser utilizado, o BMWP (Biological Monitoring Working Party). Consiste no uso da riqueza de espécies correlacionada a sua sensibilidade à poluição ambiental. Portanto, as famílias coletadas recebem uma pontuação de 1 a 10, quanto maior for a sua sensibilidade a agentes estressores maior é a pontuação (ALBA-TERCEDOR, 1996), e menores pontuações a macroinvertebrados tolerantes a poluição orgânica (METCALFE, 1989).

Quadro 180 - Pontuações designadas às diferentes famílias de macroinvertebrados aquáticos

FAMÍLIAS	PONTUAÇÃO
Siphlonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae,Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Calamoceratidae, Helicopsychidae, Megapodagrionidae,Athericidae, Blephariceridae	10
Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegastridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, hilopotamidae, Glossosomatidae	8
Ephemerellidae, Prosopistomatidae, Nemouridae, Gripopterygidae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephelidae, Ecnomidae, Hydrobiosidae, Pyralidae, Psephenidae	7
Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Thiaridae, Hydroptilidae, Unionidae, Mycetopodidae, Hyriidae, Corophilidae, Gammaridae, Hyalellidae, Atyidae, Palaemonidae, Trichodactylidae, Platycnemididae, Coenagrionidae, Leptohyphidae	6
Oligoneuridae, Polymitarcyidae, Dryopidae, Elmidae (Elminthidae), Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesiidae, Aeglidae	5
Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratyiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sciomyzidae, Rhagionidae, Sialidae, Corydalidae, Piscicolidae, Hydracarina	4
Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae (Limnocoridae), Pleidae, Notonectidae, Corixidae, Veliidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae, Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae, Ostracoda	3
Chironomidae, Culicidae, Ephydridae, Thaumaleidae	2
Oligochaeta (todas as classes), Syrphidae	1

Fonte: ALBA-TERCEDOR & SÁNCHEZ-ÓRTEGA (1988), LOYOLA (1998, 1999 e 2000) e (TONIOLLO et alii, 2001) para a obtenção do índice BMWP.

A pontuação final de cada local foi obtida pela soma da pontuação individual de todas as famílias presentes. A pontuação de cada família reflete a sua tolerância à poluição; quanto mais tolerante a família mais baixa é a sua pontuação.

De acordo com esse índice quanto maior é o valor alcançado (somatório das famílias de acordo com os valores do Quadro 180.), maior é a integridade do local analisado. O Quadro 181 apresenta a qualidade, com base da estrutura da comunidade de invertebrados bentônicos e na sensibilidade das espécies presentes.

Quadro 181 - Qualidade ambiental com base na estrutura da comunidade de invertebrados bentônicos e na sensibilidade das espécies presentes.

Classe	**Pontuação**	**Qualidade da água**
I	>150	Ótima
II	121 a 150	Boa
III	101 a 120	Aceitável
IV	61 a 100	Duvidosa
V	36 a 60	Poluída
VI	16 a 35	Muito poluída
VII	< 16	Fortemente poluída

Para uma maior robustez, foi aplicado o índice BMWP-ASPT, que representa a pontuação média de cada ponto.

O índice ASPT (Average Score Per Taxon), propõe que o valor obtido do somatório total seja dividido pelo número de famílias encontradas e tem o objetivo, segundo o seu criador METCALF (1989), de corrigir o fato que rios maiores possuem maior diversidade de famílias taxonômicas, desta forma. Esta correção é uma tentativa de minimizar a influência do tamanho do rio.

Quadro 182 - Valores de referência do índice ASPT e diagnóstico da água analisada dos ambientes.

ASPT SCORE	**Classe**	**Diagnóstico**
>6	1	Água limpa
5-6	2	Qualidade duvidosa
4-5	3	Provável poluição moderada
<4	4	Provável poluição severa

Consiste na razão entre a pontuação BMWP e o número de famílias dos pontos amostrados, após esses índices recebem uma categorização variando de água limpa à poluição severa (Quadro 182). Valores elevados deste índice são indicativos de locais de boa qualidade, constituídos por um número relativamente grande de táxons.

Verificou-se através da aplicação dos Índices IBMWP e BMWP/ASPT a classificação das estações de amostragem apresentada nas tabelas que seguem (quadro 179 a 183).

Quadro 183 - Pontuação e Classes BMWP e BMWP-ASPT da fauna de macroinvertebrados dos pontos monitorados, campanha amostral de Primavera, novembro de 2022

Índices/ Estações	**PM1**	**PM2**	**PM3**	**PM4**	**PM5**	**PM6**	**PM7**	**PM8**
Pontuação BMWP	160	174	196	171	102	33	148	55
Classe BMWP	I	I	I	I	III	VI	II	V
BMWP /ASPT	3,81	3,95	4,67	3,56	3,52	3,30	4,00	2,75
Classe ASPT	4	4	3	4	4	4	3	4

Quadro 184 - Pontuação, classes BMWP e BMWP-ASPT da fauna de macroinvertebrados, campanha amostral de verão, fev. de 2023

Índices/ Estações	**PM1**	**PM2**	**PM3**	**PM4**	**PM5**	**PM6**	**PM7**	**PM8**
Pontuação BMWP	177	206	209	204	106	43	147	62
Classe BMWP	I	I	I	I	III	VI	II	IV
BMWP /ASPT	3,69	4,38	4,27	4,86	4,24	3,07	4,20	3,1
Classe ASPT	4	3	3	3	3	4	3	4

Quadro 185 - Pontuação, classes BMWP e BMWP-ASPT da fauna de macroinvertebrados, campanha amostral de outono, maio de 2023

Índices/ Estações	**PM1**	**PM2**	**PM3**	**PM4**	**PM5**	**PM6**	**PM7**	**PM8**
Pontuação BMWP	177	206	209	204	106	43	147	62
Classe BMWP	I	I	I	I	III	VI	II	IV
BMWP /ASPT	3,69	4,38	4,27	4,86	4,24	3,07	4,20	3,1
Classe ASPT	4	3	3	3	3	4	3	4

Quadro 186 - Pontuação, classes BMWP e BMWP-ASPT da fauna de macroinvertebrados, campanha amostral de outono, maio de 2023

Índices/ Estações	**PM1**	**PM2**	**PM3**	**PM4**	**PM5**	**PM6**	**PM7**	**PM8**
Pontuação BMWP	118	138	110	118	45	43	87	69
Classe BMWP	III	II	III	III	V	V	IV	IV
BMWP /ASPT	3,58	3,83	3,33	3,93	2,81	2,87	3,63	3,14
Classe ASPT	4	4	4	4	4	4	4	4

Quadro 187 - Pontuação, classes BMWP e BMWP-ASPT da fauna de macroinvertebrados dos pontos monitorados, campanha amostral de agosto de 2023

Índices/Estações	**PM1**	**PM2**	**PM3**	**PM4**	**PM5**	**PM6**	**PM7**	**PM8**
Pontuação BMWP	140	115	194	176	51	24	63	39
Classes BMWP	II	III	I	I	V	VI	IV	V
BMWP /ASPT	3,59	3,97	8,08	4,63	2,43	2,40	4,50	2,79
Classe ASPT	4	4	1	3	4	4	3	4

2.6.4.7. Considerações finais

Desde o início do monitoramento (2004), uma série histórica, a avalição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos vem sendo realizada através da análise dos seguintes parâmetros: perdas de espécies e alterações em índices biológicos (riqueza, alterações taxonômicas, diversidade, índices bióticos).

Em relação ao número de organismos encontrados o padrão tem sido o mesmo, os maiores valores de abundância nas estações mais quentes e secas, e com uma abundância similar, entre as estações PM1, PM2, PM3 e PM4 devido a composição dos substratos presente nestes arroios. Assim como a melhor riqueza de taxa, principalmente de insetos que provavelmente estão relacionados ao substrato rochoso, mais heterogêneo que proporciona uma maior complexidade.

A exceção é a estação PM6, em que substratos rochosos estão presentes, mas com grandes quantidades de sedimentos finos. Esta tem sido a estação amostral mais impactada considerando todas as análises. Apresenta baixa abundância, reduzido número de táxons, baixa diversidade e equitibilidade, enquadrada pelo índice BMWP sempre com os menores valores. Provavelmente por ser a uma área de influência da mineração e outros usos da bacia.

A análise do período primavera de 2022 e verão de 2023 demonstra que a abundância (N) variou muito entre as estações do ano, com um declínio acentuado da primavera de 2022 e verão de 2023, de 81,08% do total de organismos coligidos nas amostras, para valores bem mais baixos outono e inverno, representando apenas 18,92% do número de organismos.

Os valores mais altos de abundância total, frequentes nestas estações do ano, deve-se principalmente das altas abundâncias das famílias Chironomidae e Simulidae. O oligoqueta Enchytraeide, de espécies principalmente terrestre ou aquáticos de ambientes ecotonais, foram comuns no outono e inverno, provavelmente em decorrência do assoreamento em decorrência das chuvas intensas.

Embora em muitos estudos já tenha sido verificado que nos ambientes aquáticos, principalmente rios e arroios, qualidade das águas tendem a apresentar com uma melhor qualidade, principalmente em razão do efeito da diluição, em se tratando da avaliação de acordo com a presença ou ausência da macrofauna o cenário é pode ser outro.

Fatores climáticos podem interferir na amostragem, influenciando negativamente os resultados obtidos (ROSENBERG e RESH, 1993). Nos meses que antecederam as coletas (maio e agosto), foi registrado um acumulado pluviométrico.

De acordo com dados de anos anteriores fica evidente que nos períodos mais secos, na maior parte das estações de coletas, ocorre um aumento na riqueza de táxons e na abundância. Fato que está de acordo com o que se pode observar em alguns estudos em outras regiões.

índices bióticos EPT, evidenciou uma qualidade ruim em quase todas as estações amostrais, nas quatro campanhas, com algumas exceções pontuais. São ela: P2 e P4, no outono foram classificadas como de águas regulares; PM2, no verão, como águas de boa qualidade; PM3, PM4, e PM7 como de águas regulares. PM3, no inverno como de boa qualidade e P1, como de águas de qualidade regular. No outono todas as estações foram classificas como de águas ruins.

Para o índice BMWP a classificação da qualidade das águas nas estações PM1, PM2, PM3 e PM4 oscilaram entre águas de qualidade aceitável a águas de boa qualidade. Na PM5 de aceitável a poluída, PM7 de boa a duvidosa, PM8 de duvidosa a poluída e a estação PM6 de poluída a muito poluída.

Já os resultados do BMWP/ASPT demostraram poucas variações entre as entre os arroios monitorados, entre as estações sazonais. As classificações como águas de provável poluição severa e moderada foi em todas as campanhas. A única exceção foi a estação PM3 no inverno, classificada como águas de boa qualidade

Ressalta-se a necessidade de observar a distribuição destes táxons em períodos com regimes de chuvas não tão intenso, visto que é sabido que as espécies que estiveram ausentes ou com um declínio na abundância, estão enquadradas na categoria de espécies sensíveis as mudanças ambientais, de causas antropogênicas, mas também por eventos naturais.

Espécies ameaçadas e endêmicas

Este estudo tem permitido o reconhecimento e registro da distribuição da biodiversidade dos invertebrados aquáticos na Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota (BHAC). Um importante subsídio para a aplicação de estratégias de restauração ambiental, políticas de conservação e planos de manejo.

Em relação à entrada de espécies invasora ou potencialmente invasoras, da fauna de macroinvertebrados tem-se o registro de moluscos asiáticos da família Cyrenidae, *Corbícula flumínea* e *Corbicula* sp.

Em relação às espécies potencialmente ameaçadas de extinção e as já ameaçadas, foram consultadas listas atualizadas (sites do MMA, IBAMA, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul). Registra-se para o período amostral a ocorrência de formas jovens de Hyriidae na estação EA7. De acordo com a "Lista das espécies silvestre ameaçadas de extinção no Rio Grande do Sul" algumas espécies de moluscos bivalves de água doce das famílias Hyriidae e Mycetopodidae constam na lista. Em algumas campanhas anteriores, por vezes, alguns exemplares destas famílias foram encontrados, mas são formas tão jovens que impossibilita a identificação do gênero.

Registra-se o caranguejo do gênero Aegla, na estação PM1, nas quatro campanhas, totalizando 15 exemplares. Este gênero compreende 14 espécies ameaçadas no Rio Grande do Sul, sendo oito consideradas Ameaçadas, cinco Vulneráveis e uma Criticamente Ameaçada, além de 26 espécies pertencentes ao gênero ameaçadas no Brasil, sendo 12 em classificadas como Ameaçadas, oito Vulneráveis e seis Criticamente

Ameaçadas. Não foram encontradas outras espécies de macroinvertebrados bentônicos ameaçadas ou endêmicas nas amostragens

Molusco bivalve, da família Hyriidae, foram encontrados porém não foi possível identificar em nível específico, por ser um exemplar muito jovem. No entanto, devemos ter um olhar especial para exemplares dessa família, pois existem espécies como: *Diplodon (Rhipidodonta) koseritzi (Clessin, 1888),* que está na categoria em perigo (EN). Essa espécie consta no Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (MMA, 2018).

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 188 - Valores da abundância total, abundância relativa e valores médios, primavera de 2022.

Taxa / nov. 2022	PM1∑	%	µ	PM2∑	%	µ	PM3∑	%	µ	PM4∑	%	µ	PM5∑	%	µ	PM6 ∑	%	µ	PM7∑	%	µ	PM8 ∑	%	µ
Aeglidae	2	0,06	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampullaridae	2	0,06	0,33	3	0,06	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ancylidae	5	0,14	0,83	4	0,08	0,80	3	0,01	0,50	4	0,07	0,80	10	1,01	2,00	5	0,60	0,83	6	0,21	1,20	23	1,03	3,83
Aphididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,02	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Athericidae	0	0	0	0	0	0	5	0,02	0,83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baetidae	213	6,04	35,50	534	10,55	106,80	2096	8,39	349,33	824	14,05	164,80	25	2,52	5,00	0	0	0	54	1,90	10,80	0	0	0
Belostomatidae	0	0	0	6	0,12	1,20	0	0	0	0	0	0	1	0,10	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalvia jovem	9	0,26	1,50	9	0,18	1,80	5	0,02	0,83	22	0,38	4,40	28	2,82	5,60	0	0	0	22	0,78	4,40	11	0,49	1,83
Caenidae	44	1,25	7,33	10	0,20	2,00	30	0,12	5,00	4	0,07	0,80	0	0	0	0	0	0	11	0,39	2,20	0	0	0
Calamoceratidae	7	0,20	1,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calopterygidae	4	0,11	0,67	1	0,020	0,20	1	0,004	0,17	2	0,03	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Candonidae	6	0,17	1,00	3	0,059	0,60	72	0,29	12,00	9	0,15	1,80	2	0,20	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	17	0,48	2,83	10	0,198	2,00	25	0,10	4,17	23	0,39	4,60	15	1,51	3,00	7	0,85	1,17	10	0,35	2,00	0	0	0
Chaoboridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	1989	56,41	331,50	1396	27,57	279,20	6222	24,89	1037,00	1519	25,89	303,80	529	53,33	105,80	504	60,94	84,00	2281	80,43	456,20	1079	48,34	179,83
Cochliopidae	26	0,74	4,33	4	0,08	0,80	0	0	0	78	1,33	15,60	3	0,30	0,60	0	0	0	92	3,24	18,40	0	0	0
Coenagrionidae	0	0	0	2	0,04	0,40	3	0,01	0,50	5	0,09	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,04	0,17
Corixidae	0	0	0	1	0,02	0,20	0	0	0	0	0	0	6	0,60	1,20	0	0	0	0	0	0	6	0,27	1,00
Corydalidae	1	0,03	0,17	3	0,06	0,60	2	0,01	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,04	0,17
Culicidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,05	0,60	0	0	0	0	0	0	4	0,14	0,80	0	0	0
Curculionidae	1	0,03	0,17	2	0,04	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cypridae	2	0,06	0,33	4	0,08	0,80	3	0,01	0,50	5	0,09	1,00	0	0	0	0	0	0	11	0,39	2,20	3	0,13	0,50
Cyrenidae	7	0,20	1,17	6	0,12	1,20	2	0,01	0,33	2	0,03	0,40	6	0,60	1,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Darwinulidae	4	0,11	0,67	2	0,04	0,40	0	0	0	13	0,22	2,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0,36	1,33
Dicteriadidae	0	0	0	2	0,04	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dogielinotidae	1	0,03	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,04	0,20	0	0	0
Dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0,20	2,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0,22	0,83
Dryopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,07	0,40	0	0	0
Dugesiidae	2	0,06	0,33	31	0,61	6,20	16	0,06	2,67	122	2,08	24,40	0	0	0	0	0	0	2	0,07	0,40	0	0	0
Dytiscidae	7	0,20	1,17	0	0	0	0	0	0	2	0,03	0,40	0	0	0	2	0,24	0,33	3	0,11	0,60	0	0	0
Elmidae	78	2,21	13,00	178	3,52	35,60	342	1,37	57,00	368	6,27	73,60	2	0,20	0,40	0	0	0	13	0,46	2,60	295	13,22	49,17
Empididae	7	0,20	1,17	0	0	0	5	0,02	0,83	4	0,07	0,80	0	0	0	2	0,24	0,33	5	0,18	1,00	5	0,22	0,83
Enchytraeidae	2	0,06	0,33	22	0,43	4,40	0	0	0	8	0,14	1,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0,45	1,67
Entomobryomorpha	32	0,91	5,33	28	0,55	5,60	7	0,03	1,17	20	0,34	4,00	16	1,61	3,20	6	0,73	1,00	4	0,14	0,80	0	0	0
Ephydridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastropoda jovem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gerridae	0	0	0	4	0,08	0,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,07	0,40	0	0	0
Glossiphoniidae	4	0,11	0,67	6	0,12	1,20	2	0,01	0,33	10	0,17	2,00	12	1,21	2,40	0	0	0	10	0,35	2,00	12	0,54	2,00
Glossosomatidae	0	0	0	2	0,04	0,40	2	0,01	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gomphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,10	0,20	0	0	0	2	0,07	0,40	0	0	0
Gripopterygidae	61	1,73	10,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gyrinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,12	0,17	0	0	0	0	0	0
Hebridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarinae	60	1,70	10,00	14	0,28	2,80	278	1,11	46,33	68	1,16	13,60	9	0,91	1,80	0	0	0	17	0,60	3,40	12	0,54	2,00

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 189 - Valores da abundância total, abundância relativa e valores médios, verão de 2023.

Fev.23	PM1∑	%	µ	PM2∑	%	µ	PM3∑	%	µ	PM4∑	%	µ	PM 5∑	%	µ	PM6 ∑	%	µ	PM7 ∑	%	µ	PM8 ∑	%	µ
Aeglidae	6	0,23	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampullaridae	3	0,12	0,50	6	0,08	1,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,34	0,80	3	0,35	0,50
Ancylidae	10	0,38	1,67	5	0,07	1,00	339	11,33	67,80	13	0,25	2,60	12	0,75	2,00	0	0	0	15	1,28	3,00	7	0,81	1,17
Aphididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Athericidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baetidae	41	1,57	6,83	175	2,32	35,00	240	8,02	48,00	165	3,16	33,00	13	0,81	2,17	4	0,13	0,67	17	1,45	3,40	0	0	0
Belostomatidae	2	0,08	0,33	2	0,03	0,40	4	0,13	0,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalvia jovem	2	0,08	0,33	7	0,09	1,40	0	0	0	31	0,59	6,20	5	0,31	0,83	0	0	0	44	3,75	8,80	54	6,24	9,00
Caenidae	2	0,08	0,33	85	1,13	17,00	142	4,74	28,40	2	0,04	0,40	23	1,44	3,83	2	0,06	0,33	62	5,29	12,40	5	0,58	0,83
Calamoceratidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calopterygidae	20	0,77	3,33	2	0,03	0,40	0	0	0	13	0,25	2,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Candonidae	6	0,23	1,00	7	0,09	1,40	5	0,17	1,00	0	0,00	0,00	0	0	0	56	1,81	9,33	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	22	0,84	3,67	16	0,21	3,20	24	0,80	4,80	19	0,36	3,80	38	2,37	6,33	134	4,33	22,33	13	1,11	2,60	10	1,16	1,67
Chaoboridae	0	0	0	0	0	0	3	0,10	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	1855	71,15	309,17	1251	16,61	250,20	722	24,12	144,40	1196	22,89	239,20	1028	64,21	171,33	2624	84,70	437,33	308	26,28	61,60	154	17,80	25,67
Cochliopidae	29	1,11	4,83	9	0,12	1,80	11	0,37	2,20	165	3,16	33,00	2	0,12	0,33	0	0	0	66	5,63	13,20	6	0,69	1,00
Coenagrionidae	3	0,12	0,50	23	0,31	4,60	29	0,97	5,80	28	0,54	5,60	14	0,87	2,33	1	0,03	0,17	13	1,11	2,60	0	0	0
Corixidae	35	1,34	5,83	0	0	0	7	0,23	1,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corydalidae	1	0,04	0,17	30	0,40	6,00	10	0,33	2,00	2	0,04	0,40	0	0	0	2	0,06	0,33	0	0	0	2	0,23	0,33
Culicidae	6	0,23	1,00	0	0	0	58	1,94	11,60	4	0,08	0,80	0	0	0	13	0,42	2,17	0	0	0	0	0	0
Curculionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyprididae	5	0,19	0,83	28	0,37	5,60	37	1,24	7,40	4	0,08	0,80	8	0,50	1,33	106	3,42	17,67	78	6,66	15,60	5	0,58	0,83
Cyrenidae	2	0,08	0,33	0	0	0	0	0	0	14	0,27	2,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Darwinulidae	2	0,08	0,33	0	0	0	1	0,03	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicteriadidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dogielinotidae	2	0,08	0,33	2	0,03	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,34	0,8	0	0	0
Dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dryopidae	0	0	0	0	0	0	3	0,10	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesiidae	0	0	0	0	0	0	5	0,17	1,00	6	0,11	1,20	0	0	0	0	0	0	5	0,43	1,00	0	0	0
Dytiscidae	0	0	0	2	0,03	0,40	12	0,40	2,40	12	0,23	2,40	2	0,12	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elmidae	138	5,29	23,00	463	6,15	92,60	277	9,25	55,40	226	4,33	45,20	12	0,75	2,00	0	0	0	46	3,92	9,20	12	1,39	2,00
Empididae	3	0,12	0,50	2	0,03	0,40	3	0,10	0,60	3	0,06	0,60	48	3,00	8,00	2	0,06	0,33	8	0,68	1,60	0	0	0
Enchytraeidae	0	0	0	3	0,04	0,60	0	0	0	3	0,06	0,60	0	0	0	0	0	0	2	0,17	0,40	3	0,35	0,50
Entomobryomorph	3	0,12	0,50	4	0,05	0,80	17	0,57	3,40	0	0	0	2	0,12	0,33	0	0	0	7	0,60	1,40	0	0	0
Ephydridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastropoda jovem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gerridae	2	0,08	0,33	1	0,01	0,20	2	0,07	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glossiphoniidae	11	0,42	1,83	10	0,13	2,00	41	1,37	8,20	3	0,06	0,60	10	0,62	1,67	33	1,07	5,50	14	1,19	2,80	18	2,08	3,00
Glossosomatidae	0	0	0	1	0,01	0,20	0	0	0	2	0,04	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gomphidae	0	0	0	0	0	0	2	0,07	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0,43	1,00	0	0	0
Gripopterygidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,06	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gyrinidae	0	0	0	1	0,01	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hebridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarinae	66	2,53	11,00	16	0,21	3,20	147	4,91	29,40	15	0,29	3,00	14	0,87	2,33	2	0,06	0,33	12	1,02	2,40	0	0	0

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Taxa / fev. 23	PM1∑	%	µ	PM2∑	%	µ	PM3∑	%	µ	PM4∑	%	µ	PM 5∑	%	µ	PM6 ∑	%	µ	PM7 ∑	%	µ	PM8 ∑	%	µ
Hydridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae	0	0	0	11	0,15	2,20	5	0,17	1	34	0,65	6,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrometridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	1	0,03	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	7	0,27	1,17	332	4,41	66,40	87	2,91	17,40	174	3,33	34,80	2	0,12	0,33	0	0	0	101	8,62	20,20	117	13,53	19,50
Hydroptilidae	10	0,38	1,67	44	0,58	8,80	26	0,87	5,20	186	3,56	37,20	15	0,94	2,50	0	0	0	3	0,26	0,60	0	0	0
Hyriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,04	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae	18	0,69	3,00	76	1,01	15,20	94	3,14	18,80	22	0,42	4,40	9	0,56	1,50	0	0	0	10	0,85	2,00	0	0	0
Leptohyphidae	5	0,19	0,83	114	1,51	22,80	59	1,97	11,80	34	0,65	6,80	14	0,87	2,33	0	0	0	76	6,48	15,20	0	0	0
Leptophlebiidae	2	0,08	0,33	139	1,85	27,80	11	0,37	2,20	12	0,23	2,40	0	0	0	0	0	0	14	1,19	2,80	0	0	0
Libellulidae	2	0,08	0,33	2	0,03	0,40	0	0	0	15	0,29	3,00	4	0,25	0,67	0	0	0	3	0,26	0,60	0	0	0
Limnocytheridae	3	0,12	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	2,47	5,80	0	0	0
Lutrochidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lymnaeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	1,09	11,40	0	0	0	0	0	0	5	0,43	1,00	0	0	0
Megadrili	2	0,08	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mesovellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naididae	145	5,56	24,17	81	1,08	16,20	172	5,75	34,40	42	0,80	8,40	235	14,68	39,17	112	3,62	18,67	144	12,29	28,80	402	46,47	67,00
Naucoridae	0	0	0	0	0	0	2	0,07	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nemathomorpha	4	0,15	0,67	0	0	0	1	0,03	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	4	0,15	0,67	2	0,03	0,40	8	0,27	1,60	11	0,21	2,20	9	0,56	1,50	4	0,13	0,67	12	1,02	2,40	6	0,69	1,00
Nepidae	0	0	0	1	0,01	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noteridae	0	0	0	8	0,11	1,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Notonectidae	0	0	0	0	0	0	12	0,40	2,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,34	0,80	0	0	0
Odontoceridae	0	0	0	0	0	0	2	0,07	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oribatida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perlidae	2	0,08	0,33	21	0,28	4,20	7	0,23	1,40	3	0,06	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Philopotamidae	2	0,08	0,33	3828	50,82	765,60	109	3,64	21,80	1405	26,90	281,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physidae	3	0,12	0,50	0	0	0	16	0,53	3,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planorbidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,23	0,33
Poduromorpha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polycentropodidae	11	0,42	1,83	7	0,09	1,40	27	0,90	5,40	3	0,06	0,60	59	3,69	9,83	0	0	0	7	0,60	1,40	4	0,46	0,67
Polymitarcidae	0	0	0	9	0,12	1,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psephenidae	0	0	0	2	0,03	0,40	0	0	0	3	0,06	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psychodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ptilodactylidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyralidae	0	0	0	17	0,23	3,40	22	0,74	4,40	47	0,90	9,40	17	1,06	2,83	0	0	0	12	1,02	2,40	0	0	0
Scarabaeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scirtidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simuliidae	2	0,08	0,33	667	8,86	133,40	133	4,44	26,60	1208	23,12	241,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisyridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphaeriidae	84	3,22	14,00	12	0,16	2,40	26	0,87	5,20	10	0,19	2,00	6	0,37	1,00	0	0	0	18	1,54	3,60	45	5,20	7,50
Staphylinidae	3	0,12	0,50	2	0,03	0,40	7	0,23	1,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tabanidae	1	0,04	0,17	0	0	0	4	0,13	0,80	2	0,04	0,40	0	0	0	0	0	0	7	0,60	1,40	3	0,35	0,50
Temnocephalida	7	0,27	1,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae	3	0,12	0,50	4	0,05	0,80	1	0,03	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,34	0,80	7	0,81	1,17
Tricladida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Veliidae	10	0,38	1,67	2	0,03	0,40	20	0,67	4,00	25	0,48	5,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abundância (N)	2607	100	434,50	7532	100	1506,40	2993	100	598,60	5224	100	1044,80	1601	100	266,83	3098	100	516,33	1172	100	234,40	865	100	144,17
Riqueza	48			42			49			42			25			14			35			20		

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 190 - Valores da abundância total, abundância relativa e valores médios, outono de 2023

mai/23	PM1∑	%	µ	PM2∑	%	µ	PM3∑	%	µ	PM4∑	%	µ	PM5∑	%	µ	PM6 ∑	%	µ	PM7∑	%	µ	PM8 ∑	%	µ
Aeglidae	2	0,37	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampullaridae	1	0,19	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ancylidae	4	0,74	0,67	79,00	3,65	15,80	2	0,46	0,33	8	1,22	1,60	6	1,10	1,20	0	0	0	4	0,46	0,57	0	0	0
Aphididae	0	0	0	4	0,18	0,80	5	1,15	0,83	0	0	0	2	0,37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Athericidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baetidae	29	5,39	4,83	99	4,58	19,80	56	12,90	9,33	16	2,43	3,20	0	0	0	0	0	0	37	4,27	5,29	8	0,60	1,33
Belostomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalvia jovem	0	0	0	134	6,20	26,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caenidae	6	1,12	1,00	38	1,76	7,60	22	5,07	3,67	8	1,22	1,60	5	0,92	1,00	0	0	0	17	1,96	2,43	0	0	0
Calamoceratidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calopterygidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Candonidae	0	0	0	0	0	0	4	0,92	0,67	13	1,98	2,60	0	0	0	7	0,80	1,17	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	7	1,30	1,17	116	5,36	23,20	6	1,38	1	12	1,82	2,40	0	0	0	65	7,39	10,83	62	7,15	8,86	4	0,30	0,67
Chaoboridae	0	0	0	2	0,09	0,40	5	1,15	0,83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	64	11,90	10,67	563	26,03	112,60	112	25,81	18,67	265	40,27	53,00	147	26,97	29,40	327	37,20	54,50	103	11,88	14,71	253	18,97	42,17
Cochliopidae	0	0	0	413	19,09	82,60	2	0,46	0,33	21	3,19	4,20	0	0	0	0	0	0	66	7,61	9,43	0	0	0
Coenagrionidae	0	0	0	4	0,18	0,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,34	0,50	0	0	0	1	0,07	0,17
Corixidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,46	0,57	0	0	0
Corydalidae	0	0	0	2	0,09	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,07	0,17
Culicidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	1,82	2,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Curculionidae	2	0,37	0,33	0	0	0	0	0	0	3	0,46	0,60	0	0	0	0	0	0	1,00	0,12	0,14	0	0	0
Cyprididae	1	0,19	0,17	10	0,46	2,00	11	2,53	1,83	0	0	0	0	0	0	17	1,93	2,83	14	1,615	2,00	162	12,14	27,00
Cyrenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Darwinulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicteriadidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dogielinotidae	0	0	0	0	0	0	1	0,23	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dolichopodidae	2	0,37	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dryopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	1	0,23	0,17	1	0,15	0,20	0	0	0	2	0,23	0,33	0	0	0	0	0	0
Elmidae	3	0,56	0,50	64	2,96	12,80	20	4,61	3,33	24	3,65	4,80	2	0,37	0	18	2,05	3,00	0	0	0	31	2,32	5,17
Empididae	2	0,37	0,33	0	0	0	2	0,46	0,33	8	1,22	1,60	16	2,94	3,20	3	0,34	0,50	0	0	0	5	0,37	0,83
Enchytraeidae	201	37,36	33,50	27	1	5,40	57	13,13	9,50	7	1	1,40	228	41,83	45,60	115	13,08	19,17	198	22,84	28,29	435	33	72,50
Entomobryomorpha	0	0	0	139	6,43	27,80	30	6,91	5,00	118	17,93	23,60	14	2,57	2,80	34	3,87	5,67	15	1,73	2,14	2	0,15	0,33
Ephydridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastropoda jovem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gerridae	1	0,19	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glossiphoniidae	1	0,19	0,17	3	0,14	0,60	5	1,15	0,83	6	0,91	1,20	0	0	0	173	19,68	28,83	1	0,12	0,14	1	0,07	0,17
Glossosomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gomphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gripopterygidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gyrinidae	0	0	0	0	0	0	1	0,23	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hebridae	1	0,19	0,17	3	0,14	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarinae	0	0	0	30	1,39	6,00	7,00	1,61	1,17	7	1,06	1,40	0	0	0	9	1,02	1,50	3	0,35	0,43	0	0	0

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Taxa / mai. 2023	PM1∑	%	µ	PM2∑	%	µ	PM3∑	%	µ	PM4∑	%	µ	PM5∑	%	µ	PM6 ∑	%	µ	PM7∑	%	µ	PM8 ∑	%	µ
Hydridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrometridae	1	0,19	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae	0	0	0	42	1,94	8,40	2	0,46	0,33	9	1,37	1,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	56	10,41	9,33	145	6,70	29,00	0	0	0	11	1,67	2,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydroptilidae	1	0,19	0,17	2	0,09	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae	0	0	0	15	0,69	3,00	2	0,46	0,33	5	0,76	1,00	0	0	0	0	0	0	4	0,46	0,57	0	0	0
Leptohyphidae	1	0,19	0,17	31	1,43	6,20	0	0	0	10	1,52	2,00	0	0	0	0	0	0	12	1,38	1,71	0	0	0
Leptophlebiidae	0	0	0	20	0,92	4,00	1	0,23	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Libellulidae	1	0,19	0,17	3	0,14	0,60	0	0	0	4	0,61	0,80	0	0	0	0	0	0	4	0,46	0,57	2	0,15	0,33
Limnocytheridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,15	0,33
Lutrochidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lymnaeidae	0	0	0	28	1,29	5,60	0	0	0	19	2,89	3,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Megadrili	0	0	0	9	0,42	1,80	0	0	0	0	0	0	2	0,37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mesovelidae	1	0,19	0,17	0	0	0	2	0,46	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,23	0,29	0	0	0
Muscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	2,43	3,20	10	1,83	2,00	0	0	0	0	0	0	5	0,37	0,83
Naididae	22	4,09	3,67	0	0	0	42	9,68	7,00	0	0	0	47	8,62	9,40	62	7,05	10,33	130	14,99	18,57	129	9,67	21,5
Naucoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nemathomorpha	3	0,56	0,50	0	0	0	3	0,69	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	106	19,70	17,67	3	0,14	0,60	13	3,00	2,17	9	1,37	1,80	39	7,16	7,80	39	4,44	6,50	165	19,03	23,57	11	0,82	1,83
Nepidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noteridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Notonectidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odontoceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oribatida	0	0	0	0	0	0	3	0,69	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,46	0,57	0	0	0
Perlidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Philopotamidae	0	0	0	53	2,45	10,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planorbidae	1	0,19	0,17	13	0,60	2,60	8	1,84	1,33	20	3,04	4,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	1,42	3,17
Poduromorpha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polycentropodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	2,20	2,40	0	0	0	0	0	0	248	18,59	41,33
Polymitarcidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psephenidae	1	0,19	0,17	0	0	0	3	0,69	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psychodidae	0	0	0	11	0,51	2,20	1	0,23	0,17	5	0,76	1,00	0	0	0	0	0	0	6	0,69	0,86	1	0,07	0,17
Ptilodactylidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyralidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,30	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scarabaeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scirtidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simuliidae	7	1,30	1,17	26	1,20	5,20	0	0	0	6	0,91185	1,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisyridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphaeriidae	3	0,56	0,50	7	0,32	1,40	1	0,23	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0,37	0,83
Staphylinidae	2	0,37	0,33	1	0,05	0,20	2	0,46	0,33	10	1,52	2,00	7	1,28	1,40	0	0	0	3	0,35	0,43	2	0,15	0,33
Tabanidae	0	0	0	0	0	0	2	0,46	0,33	0	0	0	5	0,92	1,00	0	0	0	3	0,35	0,43	0	0	0
Temnocephalida	2	0,37	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae	2	0,37	0,33	4	0,18	0,80	0	0	0	0	0	0	3	0,55	0,60	5	0,57	0,83	8	0,92	1,14	7	0,52	1,17
Tricladida	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Veliidae	1	0,19	0,17	20	0,92	4,00	0	0	0	3	0,46	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	538	100	89,67	2163	100	432,60	434	100	72,33	658	100	131,60	545	100	109	879	100	146,50	866	100	123,71	1334	100	222,33
Riqueza	33			40			33			30			16			15			24			22		

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 191 - Valores da abundância total, abundância relativa e valores médios, inverno de 2023

Taxa / ago. 2023	PM1∑	%	µ	PM2∑	%	µ	PM3∑	%	µ	PM4∑	%	µ	PM5∑	%	µ	PM6∑	%	µ	PM7∑	%	µ	PM8∑	%	µ
Aeglidae	5	0,38	0,83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampullaridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,14	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ancylidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aphididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0,34	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Athericidae	0	0	0	0	0	0	1	0,09	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baetidae	118	9,49	19,67	76	3,86	15,20	335	30,79	5,13	78	3,50	15,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belostomatidae	0	0	0	1	0,05	0,20	0	0	0	1	0,04	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalvia jovem	3	0,23	0,50	3	0,15	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caenidae	21	1,59	3,50	93	4,72	18,60	317	29,14	4,86	24	1,08	4,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calamoceratidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calopterygidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,09	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Candonidae	0	0	0	7	0,36	1,40	3	0,28	0,05	3	0,13	0,60	7	0,48	1,40	5	1,17	0,83	0	0	0	2	0,53	0,33
Ceratopogonidae	30	2,27	5,00	5	0,25	1,00	4	0,37	0,06	27	1,21	5,40	14	0,95	2,80	43	10,05	7,17	0	0	0	2	0,53	0,33
Chaoboridae	0	0	0	8	0,41	1,60	0	0	0	5	0,22	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	427	32,25	71,17	230	11,67	46,00	158	14,52	2,42	334	14,97	66,80	33	2,25	6,60	35	8,18	5,83	28	6,35	5,60	245	64,64	40,83
Cochliopidae	8	0,60	1,33	40	2,03	8,00	8	0,74	0,12	21	0,94	4,20	3	0,20	0,60	0	0	0	7	1,59	1,40	0	0	0
Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corixidae	0	0	0	0	0	0	1	0,09	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corydalidae	0	0	0	2	0,10	0,40	0	0	0	3	0,13	0,60	0	0	0	1	0,23	0,17	0	0	0	5	1,32	0,83
Culicidae	1	0,08	0,17	1	0,05	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Curculionidae	2	0,15	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyprididae	5	0,38	0,83	0	0	0	0	0	0	10	0,45	2,00	0	0	0	0	0	0	5	1,13	1,00	3	0,79	0,50
Cyrenidae	2	0,15	0,33	2	0,10	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Darwinulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,09	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicteriadidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dogielinotidae	0	0	0	2	0,10	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,26	0,17
Dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0,36	1,60	2	0,14	0,40	0	0	0	0	0	0	2	0,53	0,33
Dryopidae	0	0	0	6	0,30	1,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesiidae	2	0,15	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,26	0,17
Elmidae	21	1,59	3,50	14	0,71	2,80	13	1,19	0,20	17	0,76	3,40	0	0	0	19	4,44	3,17	0	0	0	45	11,87	7,50
Empididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,27	0,80	0	0	0	0	0	0	1	0,26	0,17
Enchytraeidae	161	12,16	26,83	5	0,25	1,00	2	0,18	0,03	3	0,13	0,60	683	46,56	136,60	105	24,53	17,50	71	16,10	14,20	8	2,11	1,33
Entomobryomorpha	1	0,08	0,17	0	0	0	4	0,37	0,06	0	0	0	10	0,68	2,00	2	0,47	0,33	0	0	0	0	0	0
Ephydridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0,27	1,20	4	0,27	0,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastropoda jovem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0,40	1,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gerridae	0	0	0	5	0,25	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glossiphoniidae	6	0,45	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	1,02	3,00	58	13,55	9,67	3	0,68	0,60	3	0,79	0,50
Glossosomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gomphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,09	0,40	0	0	0	0	0	0	2	0,45	0,40	0	0	0
Gripopterygidae	123	9,29	20,50	4	0,20	0,80	0	0	0	20	0,90	4,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gyrinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hebridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarinae	13	0,98	2,17	14	0,71	2,80	89	8,18	1,36	11	0,49	2,20	18	1,23	3,60	0	0	0	28	6,35	5,60	0	0	0

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Taxa / ago. 2023	PM1∑	%	µ	PM2∑	%	µ	PM3∑	%	µ	PM4∑	%	µ	PM5∑	%	µ	PM6∑	%	µ	PM7∑	%	µ	PM8∑	%	µ
Hydridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,04482	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrometridae	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae	0	0	0	5	0,25	1,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	16	1,21	2,67	0	0,00	0,00	0	0	0	2	0,09	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydroptilidae	4	0,30	0,67	0	0,00	0,00	0	0	0	9	0,40341	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyriidae	1	0,07553	0	0	0	0	1	0	0,01532	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae	3	0,22659	1	0	0,00	0,00	4	0,37	0,06	2	0,09	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0
Leptohyphidae	10	0,76	1,67	20	1,01	4,00	48	4,41176	0,73529	32	1,43	6,40	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0
Leptophlebiidae	13	0,98187	2	7	0,36	1,40	9	0,83	0,14	12	0,53788	2,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Libellulidae	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0	1	0,04	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Limnocytheridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Lutrochidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lymnaeidae	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Megadrili	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	1	0,22676	0,2	0	0	0
Mesovelidae	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0
Muscidae	2	0,13996	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	8	0,55	1,60	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Naididae	137	11,01	22,83	18	1	3,6	14	1,29	0,21	17	1	3,4	93	6,34	18,60	124	28,97	20,67	131	29,71	26,20	57	15,04	9,5
Naucoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nemathomorpha	6	0,42	1,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	14	0,98	2,33	21	1,07	4,20	6	0,55	0,09	14	0,63	2,80	540	36,81	108,00	36	8,41	6,00	146	33,11	29,20	4	1,06	0,67
Nepidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noteridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Notonectidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odontoceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oribatida	5	0,3499	1	0	0	0	5	0,46	0,08	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0
Perlidae	0	0	0	0	0	0	7	0,64338	0,10723	12	0,53788	2,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Philopotamidae	4	0,27992	1	0	0,00	0,00	0	0	0	1	0,04482	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planorbidae	5	0,35	0,83	20	1,01	4,00	2	0,18	0,03	0	0,00	0,00	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Poduromorpha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0,74983	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polycentropodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,08965	0,4	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Polymitarcidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psephenidae	0	0,00	0,00	1	0	0,2	0	0,00	0,00	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psychodidae	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	4	0,18	0,80	0	0	0	0	0	0	1	0,23	0,20	0	0,00	0,00
Ptilodactylidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyralidae	0	0	0	3	0	0,6	0	0	0	11	0,49	2,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scarabaeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2	1,4	0	0	0
Scirtidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simuliidae	35	2,45	5,83	1352	68,59	270,40	54	5	0,82721	1512	67,7723	302,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisyridae	3	0,20994	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphaeriidae	19	1,33	3,17	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	5	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0,4	0	0,00	0,00
Staphylinidae	1	0,07	0,17	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	0,20	0,60	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Tabanidae	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0
Temnocephalida	7	0,49	1,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae	4	0,28	0,67	0	0,00	0,00	1	0,09191	0,01532	3	0,13447	0,6	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	9	2,04	1,80	0	0,00	0,00
Tricladida	5	0,3499	0,8	6	0,30441	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Veliidae	1	0,07	0,17	0	0,00	0,00	2	0,18382	0,03064	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1244	95	207,33	1971	100	394,20	1088	100	16,67	2231	100	446,20	1467	100	293	428	100	71,33	441	100	88,20	379	100	63,17
Riqueza	39			29			24			38			21			10			14			14		

2.6.4.8. Bibliografia

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão et al. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

ALBA-TERCEDOR, J. & SÁNCHEZ-ORTEGA, A. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hallawell (1978). Limnetica, 4: 51 – 56. 1988.

ANDERSEN, T., CRANSTON, P. S. & EPLER, J. H. Chironomidae of the Horlactic Region: Keys and diagnoses – Larvae. Berna: Entomologica Scandinavica, 1983.

ARMITAGE, P.D.; CRANSTON, P.S. & PINDER, L.C.V. 1995. The Chironomidae: The biology and Ecology ofNon-Biting midges. Chapman & Hall. 572 p

BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; DORVILLÉ, L. F. M.; NESSIMIAN, J. L. Distribuição de comunidades de insetos aquáticos no gradiente longitudinal de uma bacia fluvial do sudeste brasileiro. In: NESSIMIAN, J. L.; CARVALHO, A. L (Ed.). Ecologia de Insetos Aquáticos. v. 5. Rio de Janeiro: Oecologia Brasiliensis, 1998a. p. 191-208.

BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B.D. & STRIBLING, J.B. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. 339p. 1999.

BOUCHARD, R.W., Jr. Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN. 208p. 2004.

BRANDÃO et al (Organizadores). 2011. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 326 p.

BRINCKHURST, R.O. & MARCHESE, M.R. Guide of Aquatic Oligochaeta of Sul and Central America. Colec. Climax (Santa Fé, Argentina), 186p. 1989.

BROWN, A.V. & BRUSSOCK, P.P., 1991. Comparison of benthic invertebrates between riffles and pools. Hydrobiologia. 220:99-108.

BUCKUP, L.; BOND-BUCKUP, G. Os crustáceos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. p. 503.

BUSS, DANIEL FORSIN, BAPTISTA, Darcílio Fernandes & NESSIMIAN, Jorge Luiz. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. Cad. Saúde Pública, vol.19, no.2, p.465-473, Mar./Apr. 2003.

CAIRNS Jr., J.; McCORMICK, P. V. & NIEDERLEHNER, B. R. A proposal framework for developing indicators of ecosystem health. Hydrobiologia, 263:1-44, 1993.

CETESB. São Paulo 2006. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo -. Referente ao Relatório à Diretoria Nº 071/2006/E, de 08/11/2006 v1. 488p. (Série Relatórios).

COFFMAN, W. P. & FERRINGTON, L. C. 1996. Chironomidae. In: MERRIT, R. & CUMMINS, K. (Eds.). An introduction to the aquatic insects of North America. Dubuque: Kendall Hunt, 722 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. 2011. Relatório de qualidade das águas superficiais. Apêndice D: Índices de qualidade das águas. São Paulo: CETESB

CRANSTON, P. S. & EPLER, J. H. Chironomidae of the horlactic region: keys and diagnoses – larvae. Berna: Entomologica Scandinavica, 1983.

CUMMINS, K. W. Structure and function of stream ecosystems. BioScience, Washington, v. 24, n. 11, p. 631-641, 1974.

CURRIE, D. C., & ADLER, P. H. (2008). Global diversity of black flies (Diptera: Simuliidae) in freshwater. Freshwater Animal Diversity Assessment, 469-475.

DAJOZ, R. 1973. Ecologia Geral São Paulo, Vozes. 472p.

Da SILVA, A. M., & SACOMANI, L. B. (2001). Using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo River water (Botucatu-SP-Brazil). *Water research*, *35*(6), 1609–1616. https://doi.org/10.1016/s0043-1354(00)00415-2

EPPLER, J.H. Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida (2nd ed) Department of Environmental Regulation, Tallahassee, 565p. 1995.

FRIBERG, N, MILNER, A.M, SVENDSEN, L. M, LINDEGAARD, C. Søren Erik Larsen et al. Macroinvertebrate stream communities along regional and physico-chemical gradients in Western Greenland. Freshewater Biology. Vol.46. 12. 2012, 1753-1764.

HART, C. W. & FULLER, S. L. H. Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates. Academic Press. New York and London. 387p. 1974.

HYNES, H.B. 1970. The ecology of running waters. Canada, University of Toronto Press, 555p

HILSENHOFF, W.L. 1977. Use of arthropods to evaluate water quality of streams. Tech. Bull. WI. Dept. Nat. Resour., No 100 15pp.

KLEMM, D.J., P.A. LEWIS, F. FULK, J.M. LAZORCHAK. 1990. Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. EPA/ 600/4-90/030. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH 45268.

LEARNER, M.A., LOCHHEAD, G. & HUGHES, B.D. 1978. A review of the biology of the British Naididae (Oligochaeta) with emphasis on the lotic environment. Freshwater Biol. 8:357-375

MCCULLOUGH, JD. and JACKSON, DW., 1985. Composition and productivity of the benthic macroinvertebrate community of a subtropical reservoir. Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie, vol. 70, no. 2, p. 221-235. » http://dx.doi.org/10.1002/iroh.19850700206

MANSUR, M. C. D. (Org.) *et al.* Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção, controle. Porto Alegre: Redes editora. 2012, p. 412.

MANSUR, M. C. D.; HEYDRICH, I.; PEREIRA, D.; RICHINITTI, L. M. Z.; TARASCONI, J. C.; RIOS, E. C. Moluscos. In: FONTANA, C. S.; BENCKE, G. A.; REIS, R. E. (Ed.). Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: EDIPUCRS, 20

MANSUR, M. C. D.; SHULTZ, C.; GARCES, L. M. M. P. Moluscos bivalves de água doce: identificação dos gêneros do sul e leste do Brasil. Acta Biologica Leopoldensia, São Leopoldo, v. 9, n. 2, p. 181-202, 1987. p. 49-71.

MARGULES, C.R. & PRESSEY, R.L. 2000. Systematic conservation planning. Nature 405: 243-253.

MCCAFFERTY, W. P. Aquatic Entomology: The Fisherman's and Ecologist's Illustrated Guide to Insects And Their Relatives. Jones and Bartlett Publishers, INC., Boston,1981. 448p.

MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. An introduction to the aquatic insects of North America. Dubuque, Kendall & Hunt, 1984. 2nd ed., 722p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. 2004. Lista das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçados de Extinção. Instrução Normativa no 5, de 21 de maio de 2004. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Seção 1:136-142. 28

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. 174 p.

RAHBEK, C. The elevational gradient of species richness - a uniform pattern. Ecography, v. 18, p. 200-205, 1995.

RESH, V. H.; JACKSON, J. K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg, D. M.; Resh, V. H. (Eds.), Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman and Hall, London, 1993. p. 195-223.

RESH, V.H. & UNZICKER, J.D. Water quality monitoring and aquatic organisms: the importance of species identification. J. Water Pollut. Control Fed., 47: 9-19. 1975.

ROSENBERG, D. M. & RESH, V. H. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman & Hall. New York. 488p. 1993.

SAUTER, G., GÜDE, H. Influence of grain size on the distribution of tubificid oligochaete species. Hydrobiologia 334, 97–101 (1996). https://doi.org/10.1007/BF00017358

SANSEVERINO, A.M.; J.L. NESSIMIAN & A.H.A. OLIVEIRA. 1998. A fauna de Chironomidae (Diptera) em diferentes biótipos aquáticos na serra do Subaio (Teresópolis, RJ), p. 253-263. In: J.L. NESSIMIAN & A.L. CARVALHO (Eds). Ecologia de insetos aquáticos. Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, Série Oecologia brasiliensis, V+309p

SCHMELZ R. M. & COLLADO R. (2010) 'A Guide to European Terrestrial and Freshwater Species of Enchytraeidae (Oligochaeta)' Soil Organisms, vol 82, pp1–176

SILVEIRA, M. P.; BUSS, D. F.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a Southeastern Brazilian River. Brazilian Journal of Biology, São Carlos, v. 66, n. 2b, p. 623-632, 2006

SILVEIRA, M.P; BAPTISTA, D.F.; BUSS, D.F.; NESSIMIAN, J.L. and EGLER, M. 2005. Application of biological measures for stream integrity assessment in South-East Brazil. Environmental Monitoring and assessment, 101:117-128.

SURIANI-AFFONSO, AL. IFRANÇA, RS.; MARCHESE, M.; ROCHA, O. Fatores ambientais e associações de Oligochaeta (Annelida, Clitellata) em um trecho do Alto Rio São Francisco (Minas Gerais, Brasil). Ecology Braz. J. Biol. 71 (2) May 2011 https://doi.org/10.1590/S1519-69842011000300013

STRIEDER, M.N. Diversidade e distribuição de Simuliidae (Diptera, Nematocera) no gradiente longitudinal da bacia do rio Maquiné, RS, Brasil. Biociências, v. 10, p. 127-137, 2002.

STRIEDER, M.N.; SANTOS, J.E.; PES, A.M.O. Diversidade e distribuição de Simuliidae (Diptera, Nematocera) no gradiente longitudinal da bacia do rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul, Brasil. Entomologia y Vectores, v. 9, p. 527-540, 2002.

SWARTZ RC, DEBEN WA, JONES JKP, LAMBERSON JO, COLE FA. 1985. Phoxocephalid amphipod bioassay for marine sediment toxicity. In, Aquatic toxicity and hazard assessment, Seventh Symposium: ASTM STP 854, R.D. Cradwell. R. Purdy and R.C. Bahner (eds), American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, USA. pp. 284-307.

UIEDA, V. S.; GAJARDO, I. C. S. M. Macroinvertebrados íticos encontrados em poções e corredeiras de um riacho. Naturalia (São José do Rio Preto), v. 21, p. 31 - 47, 1996.

TAYLOR, B. R.; BAILEY, R. C. Aquatic effects technology evaluation (AETE) program: Technical evaluation on methods for benthic invertebrate data analysis and interpretation. Ottawa, Ontario: Prepared for Canada center for Mineral and Energy Technology, 1997.

TOKESHI, M. e S. ARAKAKI (2012) Habitat complexity in aquatic systems: fractals and beyond. Hydrobiologia 685: 27–47.

TRIVINHO-STRIXINO, S. & STRIXINO, G. Larvas de Chironomidae do Estado de São Paulo. Guia de identificação e diagnose dos gêneros. São Carlos: PPGERN/RelaUFSCar, 229p. 1995.

WATANABE, H. M. Bases para a aplicação de índices biológicos no biomonitoramento de ambiente lóticos – comunidade bentônica. São Paulo, 2007. 165 f. tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de São Paulo, 2007.

2.6.5. Ictiofauna

Responsável técnico: Fábio Vilella – CRBio Nº 025827/03-D

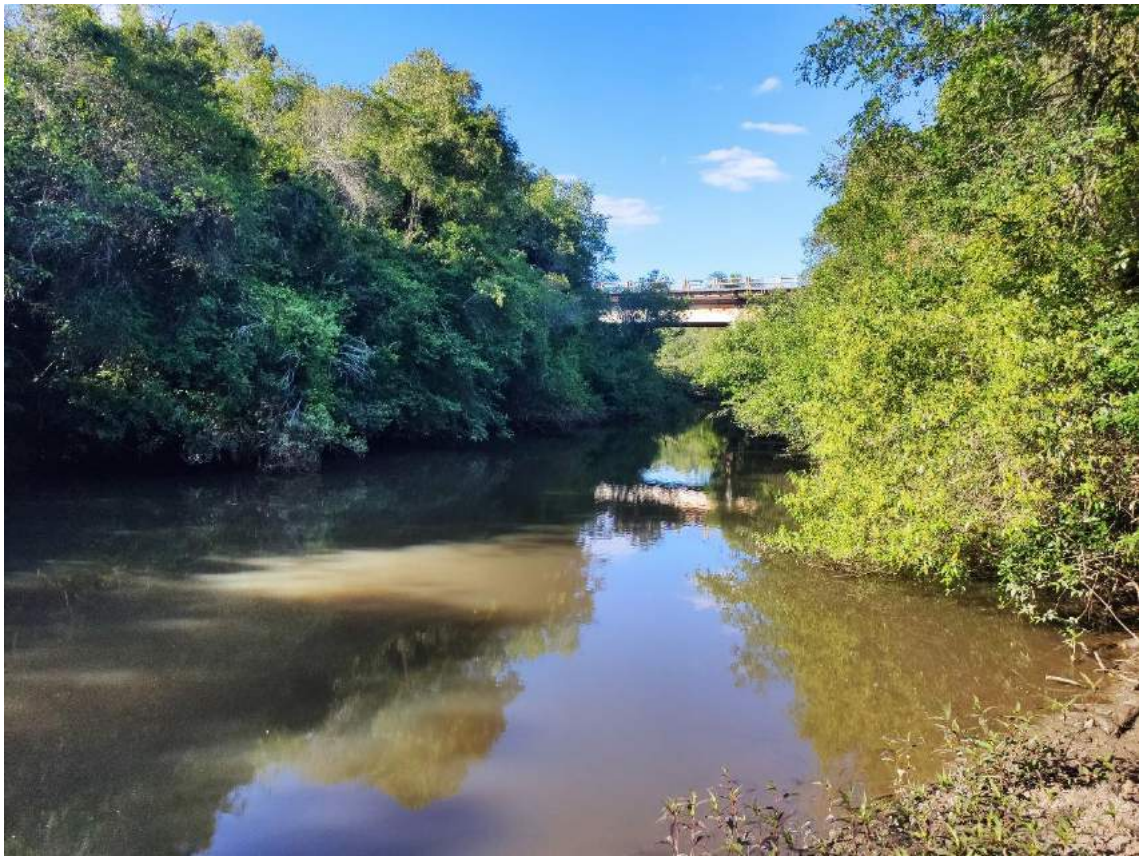
O presente relatório apresenta a síntese dos resultados obtidos em quatro campanhas sazonais de monitoramento de peixes do arroio Candiota na área de influência da UTE CGTEE realizadas entre a primavera de 2022 e inverno de 2023. Agregados a esses resultados faz-se uma análise do comportamento do Índice de Qualidade (IQ) com o histórico de dados obtidos em 42 campanhas de monitoramento iniciados em abril de 2007. Também é realizada uma análise do histórico de dados de acúmulo de elementos traço e metais pesados em músculo de peixes carnívoros, onívoros e raspadores bentônicos a partir de resultados obtidos nas campanhas de monitoramento iniciadas no inverno de 2004.

2.6.5.1. Métodos

2.6.5.2. Pontos de amostragem

Ponto 1 (coordenadas UTM 22J 6518528 / 243952): está situado no arroio Candiota entre a ponte férrea e a ponte da BR 293. Caracteriza-se como o ponto mais a montante da rede de amostragem, localizado à montante da Usina Termelétrica Presidente Médici. Essa região está situada à montante da barragem que abastece a UTE Presidente Médici e, considerando que não existe nenhum mecanismo de passagem de peixes instalado na barragem, a ictiofauna desse local encontra-se, isolada do restante da Bacia. (Figura 176).

Figura 176 - Imagem do Ponto 1 da rede de monitoramento próximo à ponte férrea e a BR 392, localizado à montante da barragem da Usina Termelétrica Presidente Médici no arroio Candiota



Ponto 2 (coordenadas UTM 22J 6506688 / 246690): está situado no arroio Candiota a jusante da barragem que abastece a Usina Termelétrica Presidente Médici e a jusante da barragem que abastecia a antiga Termelétrica e atualmente serve para a captação e abastecimento de água para a Vila. O ponto ainda está a jusante de um wetland que recebe os dejetos da Vila para tratamento antes de desaguar no arroio Candiota (Figura 177).

Figura 177 - Imagem do Ponto 2 da rede de monitoramento, a jusante da barragem da Usina Termelétrica Presidente Médici no arroio Candiota



Ponto 3 (coordenadas UTM 22J 6500592 / 250676): está localizado no arroio Candiotinha e à montante da ponte de ligação entre Candiota e Pedras Altas (Figura 178).

Figura 178 - Imagem do Ponto 3 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiotinha próximo a ponte de ligação entre Candiota e Pedras Altas.



Ponto 4 (coordenadas UTM 22J 6503415 / 246365): localiza-se no arroio Candiota a montante da confluência com o arroio Candiotinha e próximo do ponto de lançamento do efluente líquido da Usina Termelétrica Presidente Médici (Figura 179).

Figura 179 - Imagem do Ponto 3 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiota, próximo do ponto de lançamento de efluentes líquidos da Usina Termelétrica Presidente Médici.



Ponto 5 (coordenadas UTM 22J 6495108 / 240637): está localizado no arroio Candiota em área acessada pelo interior da fazenda Três Lagoas, próximo à antiga estrutura da ponte férrea (Figura 180).

Figura 180 - Imagem do Ponto 5 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiota



Ponto 6 (coordenadas UTM 22J 6501568 / 239615): está localizado no arroio Poacá a jusante e próximo da foz da Sanga da Carvoeira sendo acessado pela ponte localmente identificada como Passo do Tigre. Esse tributário recebe forte influência da área de mineração de carvão da CRM, pois a sanga da Carvoeira nasce no interior da área de extração mineral (Figura 181).

Figura 181 - Imagem do Ponto 6 da rede de monitoramento, localizado no arroio Poacá onde se nota a foz da Sanga da Carvoeira na margem esquerda (direita da imagem) e a cunha de sedimentos carreada pela Sanga.



O ponto 7 (coordenadas UTM 22J 6474399 / 229614): está localizado no arroio Candiota e é o ponto mais à jusante da área de drenagem. Fica localizado à jusante da ponte conhecida localmente como Passo dos Carros, junto a Reserva Biológica Biopampa criada pela Lei Municipal n° 1476/2013, município de Candiota (Figura 182).

Figura 182 - Imagem do Ponto 7 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiota



O ponto 8 (coordenadas UTM 22J 6505819 / 244644): está localizado no arroio onde é lançado o efluente da UTE Presidente Médici (Figura 183). Esse ponto passou a ser adotado na campanha de outono (abr/2017) e suas características físicas não permitem o emprego de uma bateria de redes de espera assim como aquela empregada no restante da rede de amostragem. Sendo assim, os resultados obtidos nesse ambiente não são comparáveis aos demais locais de amostragem quando ao IQ. Os animais capturados nesse ambiente foram analisados quanto a contaminação por metais.

Figura 183 - Imagem do Ponto 8, logo abaixo do lançamento do efluente da UTE Presidente Médici da rede de monitoramento no arroio Candiota.



2.6.5.3. Coleta, preservação e manuseio das amostras

A captura dos peixes foi realizada com baterias de rede de espera com malhas 1,5 - 2,5 e 3,5 mm entre nós. Cada rede possuía dez metros de comprimento sendo elas emendadas, formando uma bateria com 30 metros de comprimento.

As redes permaneceram estendidas na água no período mínimo que compreende o entardecer do primeiro dia e o alvorecer do dia seguinte, totalizando 12 a 18 horas de esforço.

Em função das características físicas existentes no ponto 8 de amostragem, a captura de peixes só foi realizada com uma rede de malha 1,5mm entre nós. O material foi estendido e à medida que os peixes foram capturados foi feita a despesca. Assim que o número adequado de animais foi capturado para a análise dos tecidos, a rede foi removida.

Os animais capturados com vida e de fácil identificação foram contados e liberados. Aqueles animais que demandavam maior análise para sua identificação em laboratório foram coletados e fixados em solução de formalina 10%.

Os peixes destinados a análise de metais foram preservados em caixa térmica e gelo até que fossem conduzidos ao laboratório para dissecação e preparação dos tecidos para envio ao laboratório de análises.

2.6.5.4. Índice de qualidade (IQ)

As amostragens de peixes resultaram em conjuntos de dados de composição e abundância de espécies em cada local/período de coleta. Extraiu-se dos dados os valores da riqueza, abundância e foi calculado o Índice de Diversidade Shannon-Wienner. Esses parâmetros integram a equação proposta por BRUSCHI *et al.* (2000) para o cálculo do índice de Qualidade (IQ). Este índice é composto pelo resultado do somatório de três parâmetros da comunidade de peixes analisada: abundância relativa, riqueza de espécies relativa e diversidade de Shannon-Winner relativa.

Para o IQ é utilizado o agrupamento do tipo somatório em que o valor resultante deve ser interpretado frente aos valores de referência para as classes de qualidade do IQ estabelecidos por BRUSCHI *et al.* (2000), Quadro 192.

Quadro 192 - Intervalos do Índice de Qualidade (IQ)

Intervalo de classe	Qualidade
<1,198	Muito baixa
1,198-1,653	Baixa
1,654-2,109	Média
>2,110	Alta

Os resultados de IQ obtidos no atual período de monitoramento foram comparados a série histórica de dados de monitoramento, iniciado no inverno de 2007.

Para analisar a evolução do IQ ao longo da série histórica de amostragem foi calculada a média harmônica do conjunto de dados em cada ponto de amostragem. Em função de lacunas temporais entre algumas amostragens a média harmônica foi calculada de forma progressiva para conjuntos de 4 amostras sazonais.

A matriz de resultados de IQ foi transformada em uma matriz de dados qualitativos conforme o enquadramento da categoria de IQ.

Para analisar a dinâmica do IQ ao longo da série histórica a classe de IQ encontrada na primeira amostragem foi classificada como estado original.

Toda a série histórica possível, incluindo as lacunas existentes foi ajustada para que o cálculo da média harmônica fosse possível de ser realizado com no máximo quatro observações consecutivas (quatro estações sazonais). As alterações de melhora de categoria foram assinaladas por valores positivos e as pioras de qualidade indicadas por valores negativos. Mudanças de categoria entre uma categoria e outra adjacente foram indicadas pelo valor numérico 1. Quando houve salto entre uma categoria e outra não adjacente, essas foram indicadas numericamente pela distância entre as mesmas.

2.6.5.5. Elementos contaminantes

Para a análise da presença e concentração de elementos-traço em tecidos corporais dos peixes foram estabelecidos os papéis tróficos das espécies da região de estudo. Dessa forma foram analisados peixes de três níveis tróficos distintos, carnívoros, onívoros e raspadores bentônicos.

Foi priorizada a captura de espécies-alvo de cada grupo trófico para obtenção de músculo e análise da presença e concentração de elementos-traço. Entre os carnívoros foram selecionadas como espécies-alvo a traíra (Hoplias malabaricus) o peixe-cachorro (Oligosarcus robustus ou O. jenynsii), o jundiá (Rhamdia quelen) e a joana (Chrenicichla punctata), entre os onívoros foram selecionados os lambaris (Astyanax sp., Psalidodon sp., Hyphessobrycon luetkenii) e representando o grupo de peixes raspadores bentônicos os cascudos (Loricariichthys anus, Hypostomus spiniger, Hemiancistrus punctulatus ou Rineloricaria cadae).

O primeiro nível trófico é o de peixes raspadores bentônicos, os cascudos, que se alimentam junto ao substrato, consumindo os organismos associados ao fundo e também o próprio sedimento. O segundo nível é o de organismos onívoros, os lambaris, que consomem tanto itens animais quanto vegetais. Esses peixes também utilizam em sua dieta tanto itens disponíveis em toda a coluna da água quanto àqueles carregados pelo vento, chuva ou lançados pela vegetação dentro do arroio como insetos, frutos e folhas. Por fim, o terceiro nível trófico inclui os carnívoros, as traíras e brancas, que consomem principalmente outros peixes em sua dieta.

Após a captura os peixes foram acondicionados em sacos plásticos etiquetados conforme o local e a data de sua captura. O material foi preservado em refrigeração no campo e em freezer no laboratório. No laboratório os animais foram dissecados para extração do músculo. O material foi acondicionado em sacos plásticos tipo ziplock, etiquetados e conduzido ao laboratório Greenlab para a análise das concentrações dos metais e elementos traço.

Para a análise do Arsênio (Ar), Cádmio (Ca), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Zinco (Zn) e do Mercúrio (Hg) foi empregado o método de Preparo: EPA 3050B/1996 e de Determinação: EPA 200.7/2001. Enquanto os resultados de concentrações do Arsênio (Ar), Cádmio (Ca), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganês (Mn), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) podem ser obtidos de uma mesma amostra, o processo de análise do Mercúrio (Hg) requer um processo analítico distinto necessitando de uma quantidade prórpria de tecido. Essa necessidade resultou em situações que a massa de músculo disponível não foi suficiente para as duas preparações. Nos casos em que essa situação ocorreu, optou-se pela preparação que permite a análise do maior espectro de elementos contaminantes.

A definição dos Limites Máximos Tolerados (LMT) para a concentração de de contaminantes como o Arsênio (Ar), o Cádmio (Cd), o Chumbo (Pb) e Mercúrio (Hg) na carne de peixes para o consumo humano baseiam-se na Resolução ANVISA RDC 722/2022 (Quadro 193).

Os limites aceitáveis de concentração de Cobre (Cu), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) basearam-se no Decreto Federal 55.871/1965 (Quadro 193).

Por ausência de legislação nacional definindo limites aceitáveis de concentração para o Manganês (Mn) adotou-se o limite sugerido por BOWEN (1979) (Quadro 193).

Quadro 193 - Valores de referência (mg/Kg) para a concentração máxima admitida de metais e elementos-traço presentes nas espécies de peixes analisadas na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Elemento	RDC ANVISA 722/2022	DECRETO 55.871/1965	Bowen, 1979
Arsênio (As)	**1,0**	1,0	0,2 – 10
Cadmio (Cd)	**0,05**	1,0	0,1 – 3
Chumbo (Pb)	**0,3**	2,0	0,001 - 15
Cobre (Cu)		**30,0**	0,7 – 15
Cromo (Cr)		**0,1**	0,03 – 2
Manganês (Mn)			**4,6**
Mercúrio (Hg)	**0,5**	0,5	0,4
Níquel (Ni)		**5,0**	0,1 – 4
Zinco (Zn)		**50,0**	9 - 80

Os resultados foram comparados ao histórico de dados de monitoramento de elementos-traço e metais em músculo de peixes do arroio Candiota que teve início no inverno de 2004. Entre 2004 e 2007 seis dos nove elementos atualmente monitorados faziam parte do escopo do monitoramento. Nesse período não estavam incluídas análises da presença de Arsênio (As), Manganês (Mn) e Mercúrio (Hg). Além disso, a rede de pontos de amostragem era composta por apenas cinco pontos que não incluíam os pontos 2 e 5, acrescentados a partir do inverno de 2007. Dessa forma as análises de Arsênio (As), Manganês (Mn) e Mercúrio (Hg) passaram a ser realizadas na rede de monitoramento a partir do inverno de 2007 e dados para os pontos 2 e 5 também só passam a estar disponíveis a partir dessa campanha. Ainda, a partir do ciclo de monitoramento 2011/2012 as análises de metais em tecido muscular de peixes passaram a ser realizadas sazonalmente quando anteriormente eram realizadas semestralmente.

2.6.5.6. Resultados e discussão

2.6.5.7. Índice de qualidade (IQ)

O último ciclo de monitoramento foi marcado pela transição do período de estiagem que assolou o estado do RS pelos últimos três anos para uma condição de El Niño iniciada na primavera de 2023 que resultou na impossibilidade de obtenção de amostras no ponto PT5 nesta campanha.

Os resultados do Índice de Qualidade no período de monitoramento 2031/2023 mostra uma condição de IQ Alto no ponto PT5 nas três amostras obtidas nesse ciclo enquanto o ponto PT6 apresentou, como historicamente tem sido, um IQ Muito Baixo. (Quadro 194; Figura 184).

Quadro 194 - Apresentação dos valores de IQ da ictiofauna (BRUSCHI et al. 2000) no período 2021/2022 e cálculo de sua média harmônica para a classificação nos padrões de IQ

Ponto	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Primavera/2022	2,44	1,05	0,50	1,59	2,54	0,11	1,23
Verão/2023	2,38	2,11	1,54	2,30	2,88	0,13	0,54
Outono/2023	1,10	0,55	1,87	2,66	2,58	0,00	1,57
Inverno/2023	1,41	0,23	0,48	1,83	-	0,00	3,00
Média Harmônica	**1,63**	**0,52**	**0,76**	**2,01**	**2,66**	**0,00**	**1,10**
IQ	**Baixa**	**Muito Baixa**	**Muito Baixa**	**Média**	**Alta**	**Muito baixa**	**Muito baixa**

A Média Harmônica do IQ para a rede de monitoramento no período demonstra que quatro dos sete pontos de monitoramento desse indicador apresentaram IQ Muito Baixo (PT2, PT3, PT6 e PT7) enquanto apenas o ponto PT5 apresentou IQ Alto. (Quadro 194; Figura 185).

Figura 184 - Apresentação dos valores obtidos de condições de qualidade no período 2022/2023, indicadas pelo IQ aplicado para o resultado da amostragem de peixes, no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

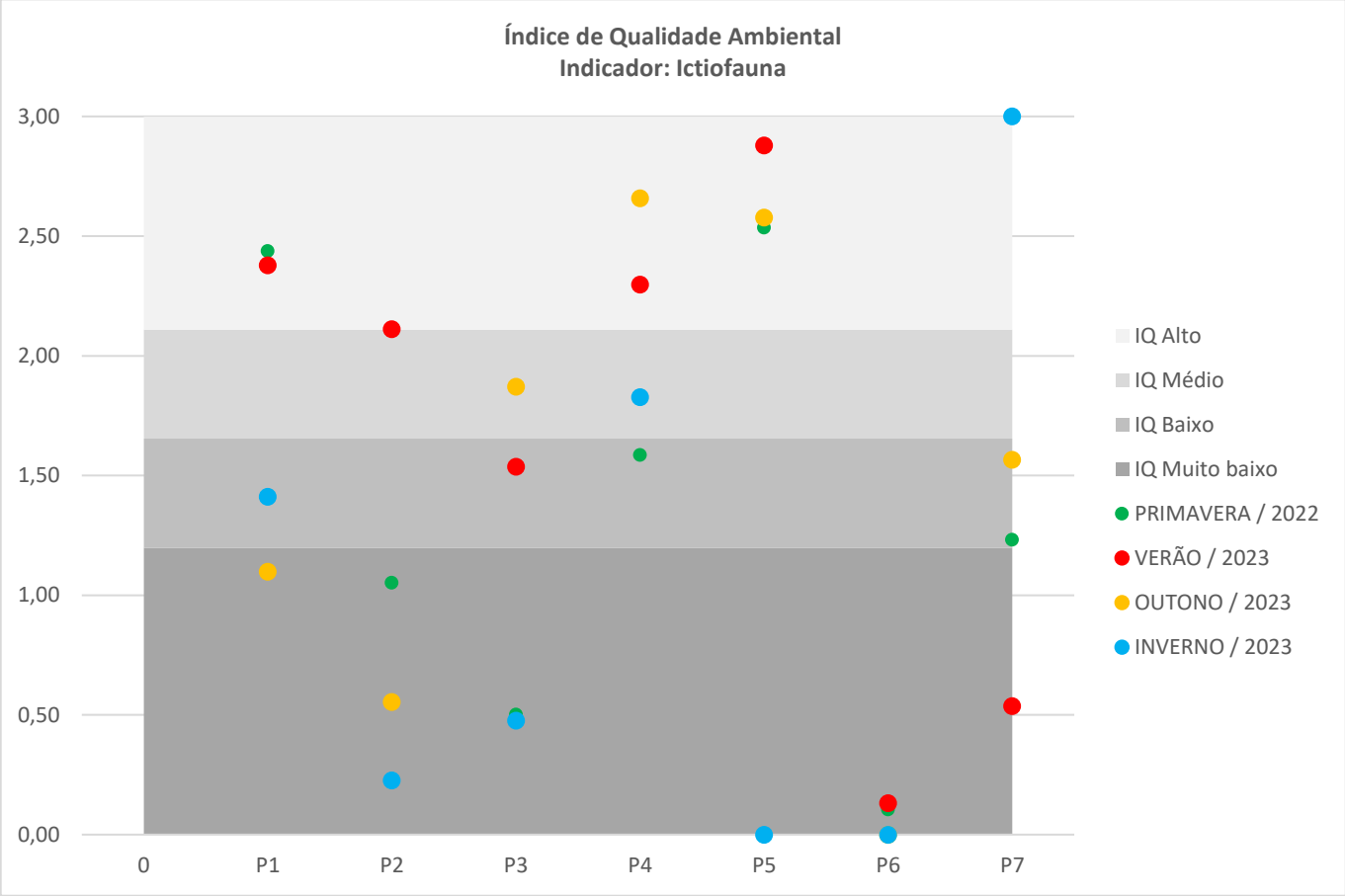
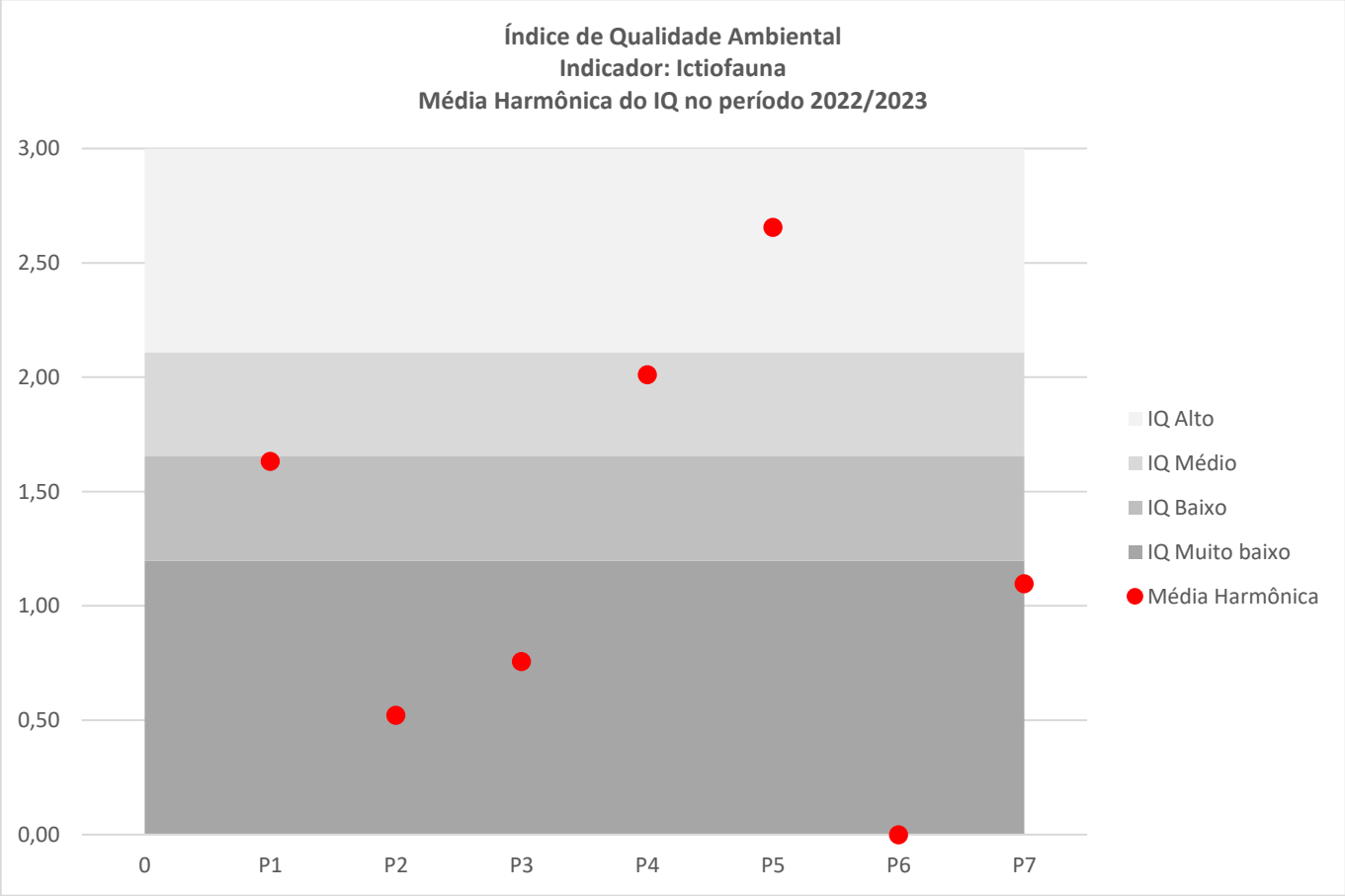


Figura 185 - Apresentação dos valores de média harmônica obtidos no período 2020/2021, indicadas pelo IQ aplicado para o resultado da amostragem de peixes, no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



A série histórica dos dados de IQ é apresentada na Quadro 195.

As figuras 186 a 192 apresentam os gráficos de dispersão dos resultados de IQ em cada ponto da rede de amostragem.

Quadro 195 - Valores de IQ da ictiofauna (BRUSCHI et al. 2000) da série histórica de monitoramento da área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

Estação Sazonal	Ano	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
OUTONO	**2007**	2,92	0,90		2,25	2,75	0,00	1,07
INVERNO	**2007**		2,86			2,81	0,00	
PRIMAVERA	**2007**	2,21	1,94		3,00	2,71	0,00	1,63
VERÃO	**2008**		3,00	1,15		2,63	0,00	1,10
OUTONO	**2008**							
INVERNO	**2008**	2,83	2,26			3,00	0,00	
PRIMAVERA	**2008**	2,62		1,29		2,23	0,00	2,43
VERÃO	**2009**	2,95	1,83		2,83	1,89	0,00	1,46
OUTONO	**2009**							
INVERNO	**2009**							
PRIMAVERA	**2009**	1,63	2,60	1,87	1,46	2,35	0,00	2,21
VERÃO	**2010**	2,63	1,94	2,93	1,67	2,25	0,19	1,38
OUTONO	**2010**		1,21	2,50	2,71		0,00	1,58
INVERNO	**2010**							
PRIMAVERA	**2010**							
VERÃO	**2011**							
OUTONO	**2011**							
INVERNO	**2011**	2,40	2,59	0,90	1,83	2,95	0,00	2,44
PRIMAVERA	**2011**	2,30	2,34	0,09	1,65	2,08	0,00	2,04
VERÃO	**2012**	1,83		1,72		2,73	0,00	2,83
OUTONO	**2012**	2,49			1,98	2,39	0,00	2,97
INVERNO	**2012**	2,55	0,80	0,80	0,36	2,98	0,00	1,66
PRIMAVERA	**2012**	3,00	2,00	1,09	1,49	2,42	0,00	1,99
VERÃO	**2013**	2,62	1,35	2,59	1,74	2,69	0,12	2,11
OUTONO	**2013**	2,91		1,75	0,80	2,29	0,10	2,16
INVERNO	**2013**	0,70	2,03	0,18	0,68	2,97	0,00	0,70
PRIMAVERA	**2013**	2,23	1,49	1,86	2,03	2,50	0,00	1,58
VERÃO	**2014**	2,15	2,44	1,11	0,82	2,86	0,00	
OUTONO	**2014**	1,75	2,54	1,75	1,12		0,00	2,01
INVERNO	**2014**	1,83	2,03		2,03		0,00	3,00
PRIMAVERA	**2014**	0,64	2,67	2,28	1,17		1,11	
VERÃO	**2015**	2,55		1,57	1,61	2,82	0,00	2,40
OUTONO	**2015**	2,12	2,84	2,61	2,15	2,93	0,00	2,94
INVERNO	**2015**							
PRIMAVERA	**2015**							

Estação Sazonal	Ano	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
VERÃO	**2016**							
OUTONO	**2016**							
INVERNO	**2016**							
PRIMAVERA	**2016**	1,32	2,67	0,91	2,90	1,71	0,11	1,83
VERÃO	**2017**	2,62	1,20		1,53	2,91	0,10	
OUTONO	**2017**	1,45	2,09		1,88	2,94	0,48	1,38
INVERNO	**2017**	2,31	2,56	0,19	2,02	2,61	0,81	1,24
PRIMAVERA	**2017**	2,51	1,30	1,91	2,10	2,99	0,00	2,15
VERÃO	**2018**	1,60	1,36	0,84	1,12	1,90	0,00	1,89
OUTONO	**2018**	2,71	1,44	1,49	1,98	2,34	0,00	1,30
INVERNO	**2018**	1,94	3,00	0,00	1,55	0,00	0,00	0,00
PRIMAVERA	**2018**	1,78	1,71	2,09	1,38	2,71	0,54	2,15
VERÃO	**2019**	1,64	2,62	2,48	2,66	2,54	0,91	0,59
OUTONO	**2019**	1,37	1,69	0,15	2,98	2,87		0,66
INVERNO	**2019**	0,84	1,95	0,72	1,57	2,69		1,99
PRIMAVERA	**2019**	1,73	1,35	1,69	1,83	2,91	0,00	2,09
VERÃO	**2020**	2,20	1,55	2,38	0,90	2,71	0,00	2,68
OUTONO	**2020**	1,71	1,68	1,51	2,20	3,00	0,12	1,56
INVERNO	**2020**	0,52	1,09	1,11	0,81	3,00	0,00	0,75
PRIMAVERA	**2020**	1,80	1,92	1,22	2,18	3,00	0,00	1,18
VERÃO	**2021**	0,88	1,68	0,12	0,55	2,55	0,00	2,49
OUTONO	**2021**	1,46	1,27	0,13	1,76	2,90	0,00	1,17
INVERNO	**2021**	1,11	1,67	0,15		1,51	0,00	3,00
PRIMAVERA	**2021**	2,41	2,33	1,49	2,65	3,00	0,81	2,24
VERÃO	**2022**	2,00	1,30	2,00	1,12	2,66	0,10	2,95
OUTONO	**2022**	2,84	2,29	0,85	2,07	1,35	0,22	2,38
INVERNO	**2022**	3,00		1,64		1,72		
PRIMAVERA	**2022**	2,44	1,05	0,50	1,59	2,54	0,11	1,23
VERÃO	**2023**	2,38	2,11	1,54	2,30	2,88	0,13	0,54
OUTONO	**2023**	1,10	0,55	1,87	2,66	2,58	0,00	1,57
INVERNO	**2023**	1,41	0,23	0,48	1,83	-	0,00	3,00

Figura 186 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT1 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

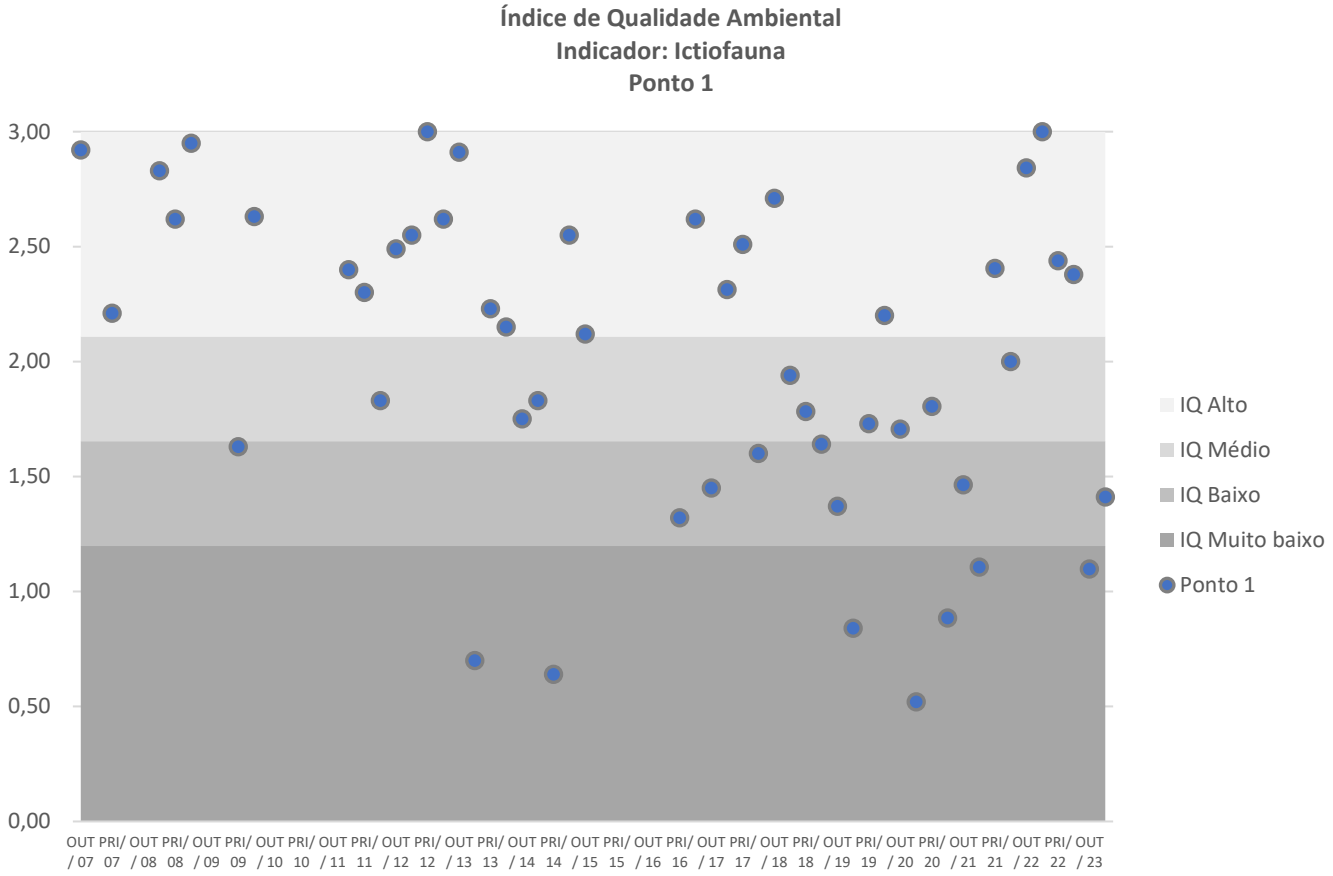

Índice de Qualidade Ambiental
Indicador: Ictiofauna
Ponto 1
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
OUT PRI/ OUT PRI/ OUT PRI/

Figura 187 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT2 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

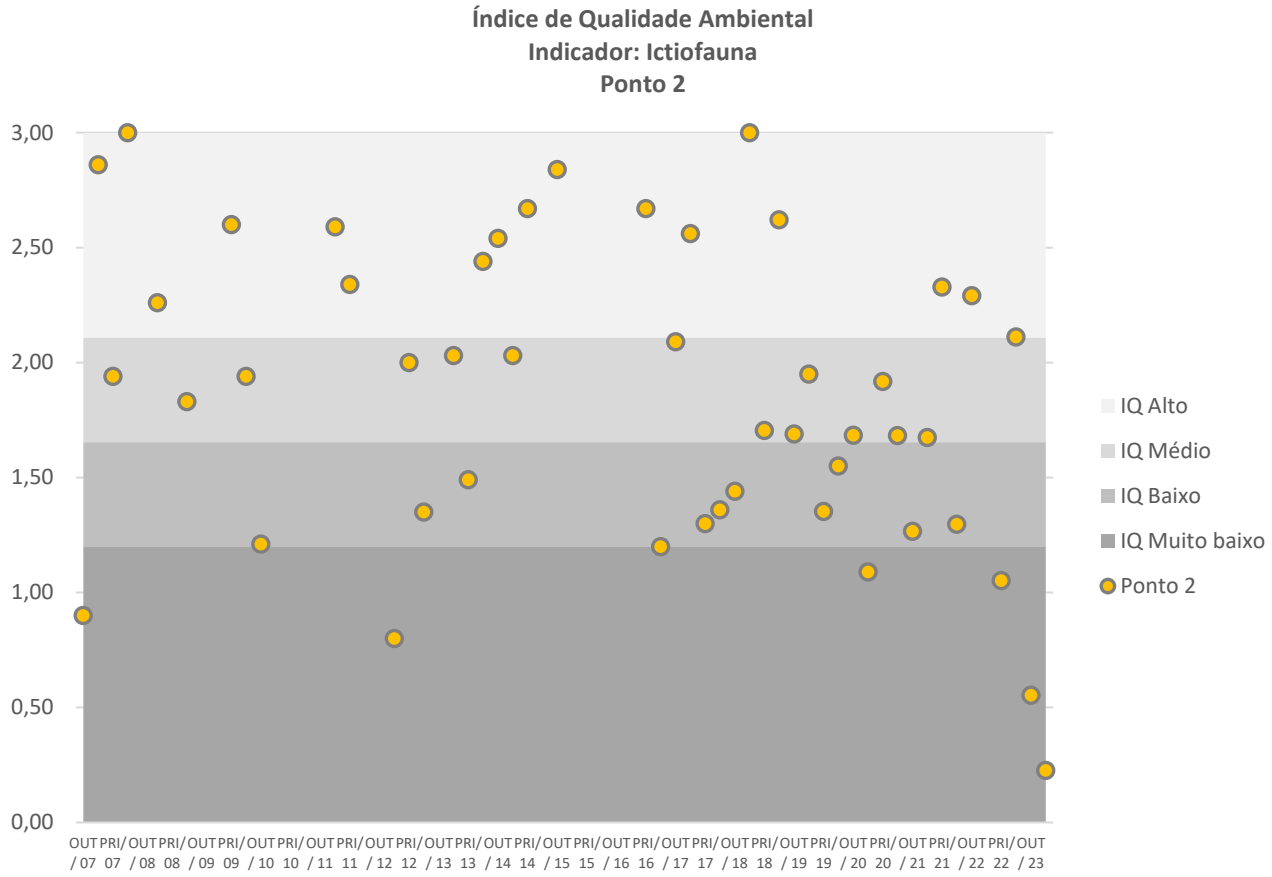


Figura 188 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT3 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

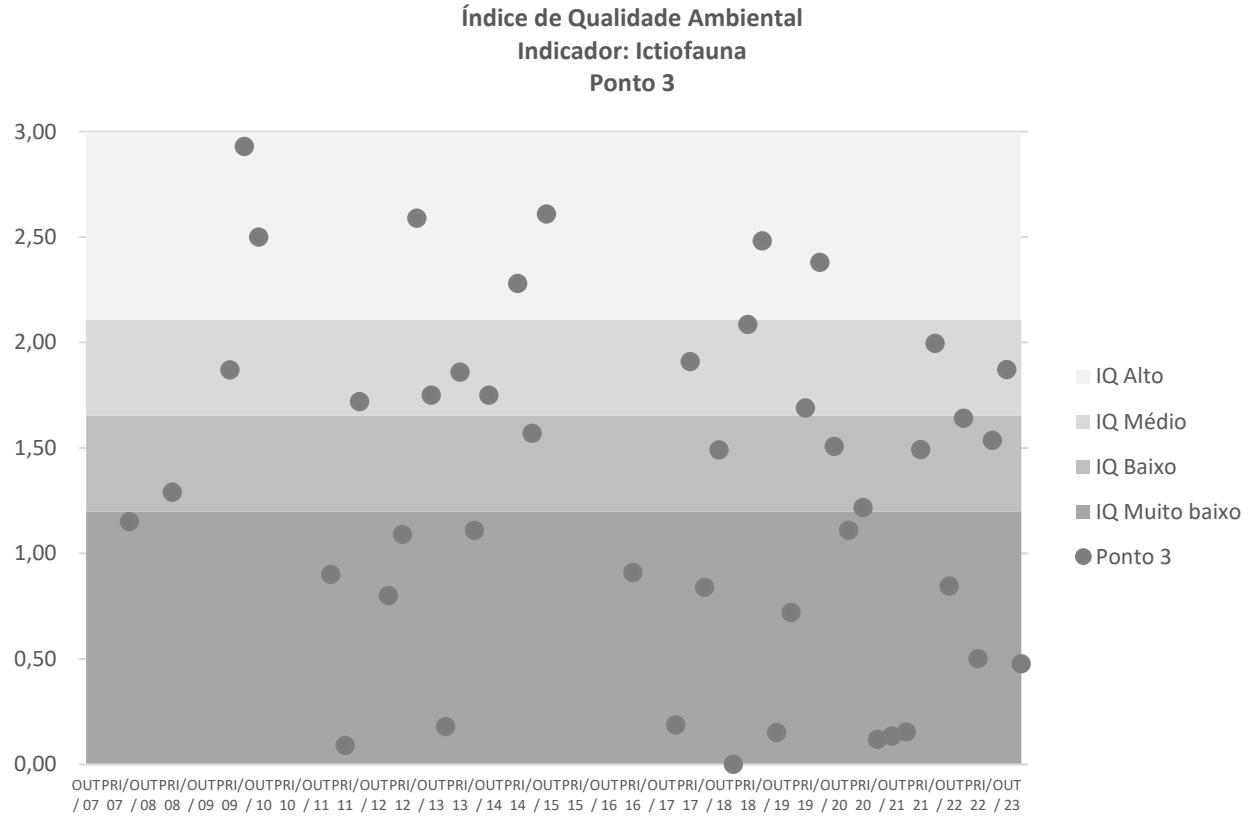


Figura 189 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT4 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

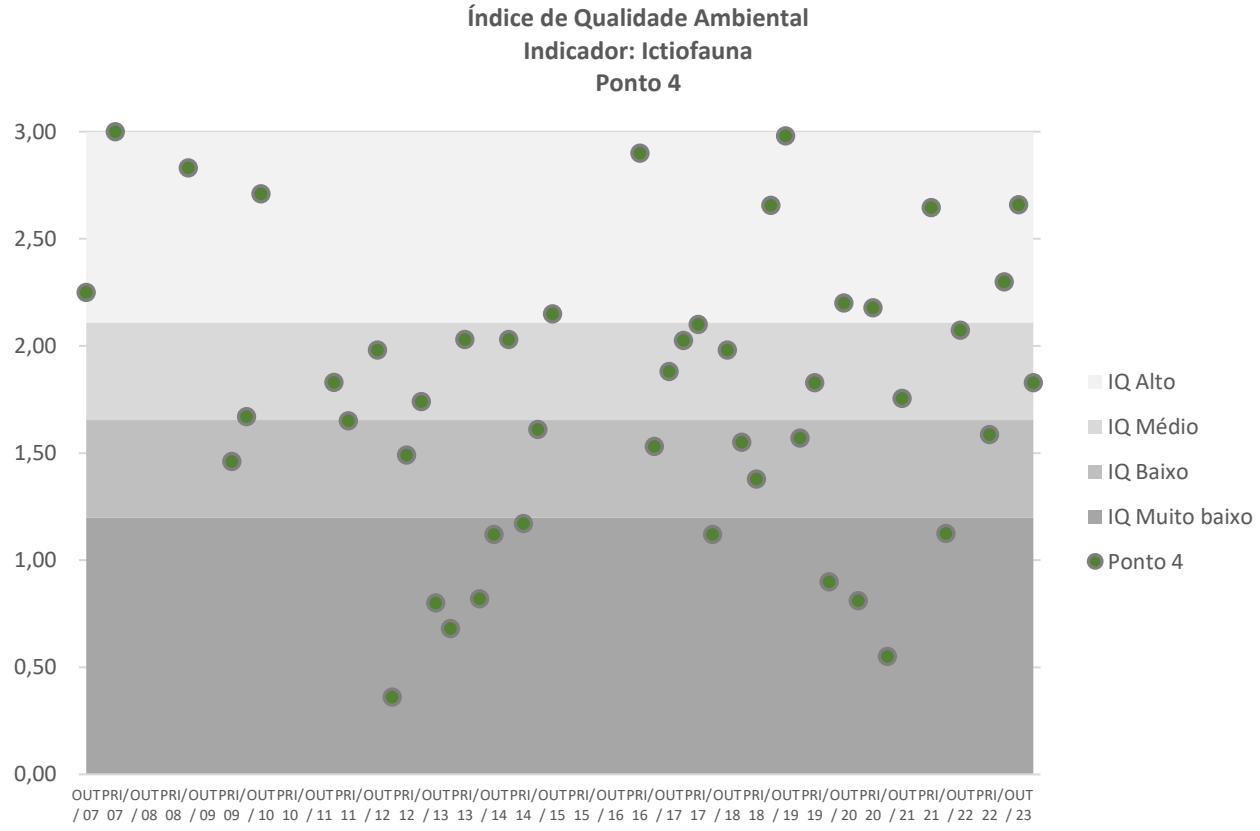


Figura 190 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT5 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

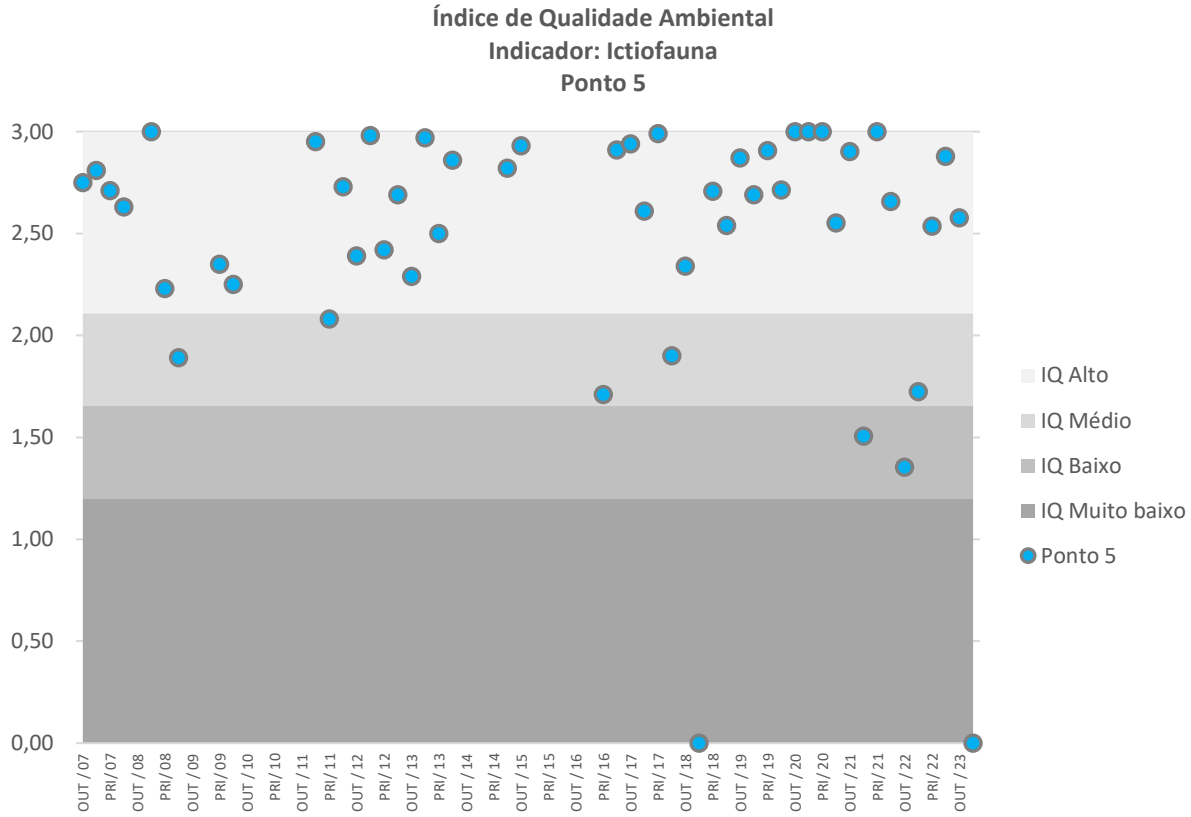


Figura 191 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT6 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

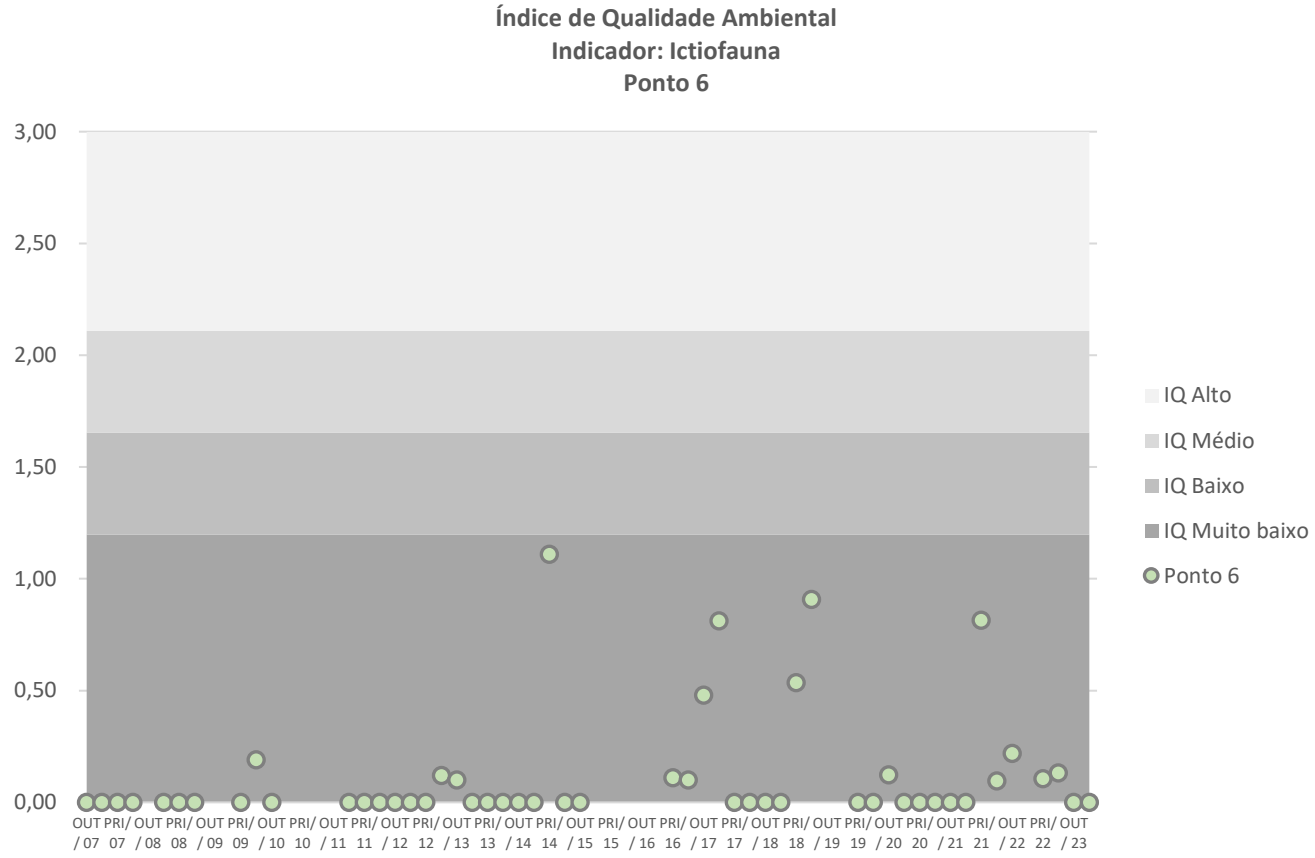
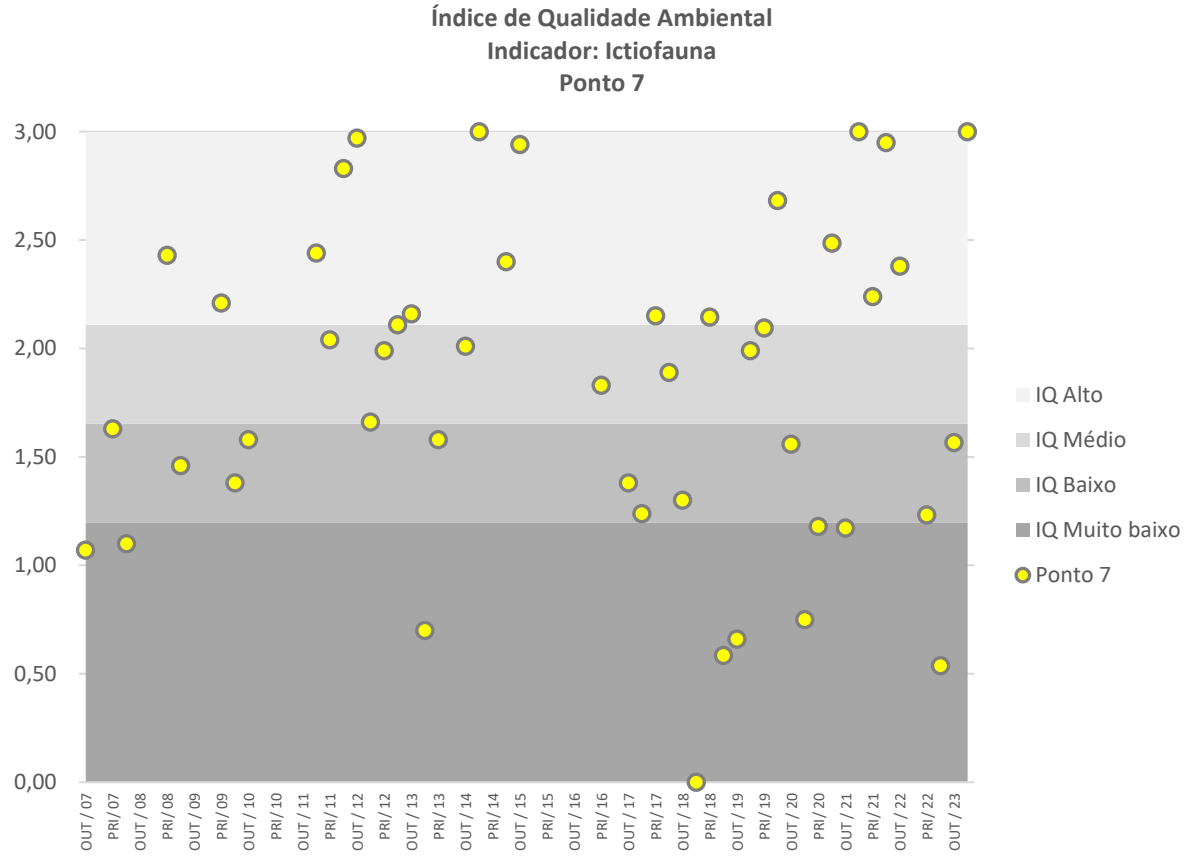


Figura 192 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT7 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



Os resultados do índice de Qualidade Ambiental (IQ) baseados na ictiofauna demonstram que o Ponto 6 é o ambiente mais estável da rede de amostragem já que não houve variações no seu enquadramento desde o início do monitoramento, em 2007. No entanto, esse é o local de pior Qualidade Ambiental da rede de monitoramento (

Quadro 196; figura 191). Até o ano de 2015 não havia capturas de peixes nesse local que é influenciado diretamente pela mineração do carvão.

O Ponto 5 é o ambiente de melhor qualidade ambiental da rede de amostragem. Foram feitos 50 registros de IQ na série histórica sendo 82,00% com IQ Alto (

Quadro 196; Figura 190).

Para o Ponto 1 foram feitos 51 registros de IQ (

Quadro 196; Figura 186Figura 186 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT1 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS). O enquadramento da categoria de qualidade desse local foi de IQ Alto em 52,94% dos registros (Tabela 5). Em 9 registros (17,65%) foi enquadrado como IQ Médio; em 8 registros (15,69%) foi enquadrado como IQ Baixo e em 7 registros (13,73%) o enquadramento foi de IQ Muito Baixo (

Quadro 196). Os dados evidenciam um período inicial do monitoramento onde a qualidade local foi mais elevada (outo/2007 – outono/2013) e uma alteração desse padrão a partir do inverno/2013 até o outono/2017. A partir do inverno/2019 o local passa a apresentar valores de IQ Muito Baixa (

Quadro 196; Figura 186 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT1 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS).

O ponto 2 apresentava-se bastante variável desde o início do monitoramento. Foram realizados 48 registros dos quais 17 foram enquadrados como IQ Alto (35,42%) e 14 enquadramentos como IQ Médio (29,17%). No último ciclo de monitoramento três dos quatro registros foram enquadrados como IQ Muito Baixo neste ponto (

Quadro 196; figura 187).

No ponto 3, localizado no arroio Candiotinha, foram feitos 45 registros de IQ dos quais 21 (46,67%) enquadraram o local como IQ Muito Baixo. Apenas em sete ocasiões o local foi enquadrado como IQ Alto (15,56%) (

Quadro 196; figura 188).

O ponto 4 apresenta a maior alternância de enquadramentos da série temporal de monitoramento na rede de amostragem. Foram feitos 47 registros sendo que, no último ciclo de monitoramento, em duas ocasiões (verão/2023 e outono/2023) o Ponto 4 foi enquadrado com IQ Alto (

Quadro 196; figura 189).

O Ponto 7 apresenta flutuações no enquadramento do IQ assim como se observa nos pontos PT1, PT2, PT3 e PT4. No último ciclo de monitoramento em duas ocasiões o IQ Baixo e em uma o IQ Muito Baixo foram os enquadramentos observados para este ponto da rede de monitoramento (

Quadro 196, figura 192).

Quadro 196 - Enquadramento do IQ da ictiofauna (BRUSCHI et al. 2000) da série histórica de monitoramento e os valores absolutos e relativos (%) observados para das classes de IQ da área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

Estação Sazonal	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
OUT / 07	ALTO	MUITO BAIXA		ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
INV / 07		ALTO			ALTO	MUITO BAIXA	
PRI/ 07	ALTO	MÉDIA		ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
VER / 08		ALTO	MUITO BAIXA		ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
OUT / 08							
INV / 08	ALTO	ALTO			ALTO	MUITO BAIXA	
PRIM / 08	ALTO		BAIXA		ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
VER / 09	ALTO	MÉDIA		ALTO	MÉDIA	MUITO BAIXA	BAIXA
OUT / 09							
INV / 09							
PRIM / 09	BAIXA	ALTO	MÉDIA	BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
VER / 10	ALTO	MÉDIA	ALTO	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
OUT / 10		BAIXA	ALTO	ALTO		MUITO BAIXA	BAIXA
INV / 10							
PRIM / 10							
VER / 11							
OUT / 11							
INV / 11	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
PRIM / 11	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MÉDIA
VER / 12	MÉDIA		MÉDIA		ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
OUT / 12	ALTO			MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
INV / 12	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	MÉDIA
PRIM / 12	ALTO	MÉDIA	MUITO BAIXA	BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	MÉDIA
VER / 13	ALTO	BAIXA	ALTO	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	MÉDIA
OUT / 13	ALTO		MÉDIA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
INV / 13	MUITO BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
PRIM / 13	ALTO	BAIXA	MÉDIA	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
VER / 14	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	
OUT / 14	MÉDIA	ALTO	MÉDIA	MUITO BAIXA		MUITO BAIXA	MÉDIA
INV / 14	MÉDIA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MÉDIA		MUITO BAIXA	ALTO
PRIM / 14	MUITO BAIXA	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA		MUITO BAIXA	
VER / 15	ALTO		BAIXA	BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
OUT / 15	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
INV / 15							
PRIM / 15							
VER / 16							
OUT / 16							

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Estação Sazonal	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
INV / 16							
PRIM / 16	BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO	MÉDIA	MUITO BAIXA	MÉDIA
VER / 17	ALTO	BAIXA		BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	
OUT / 17	BAIXA	MÉDIA		MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
INV / 17	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
PRIM / 17	ALTO	BAIXA	MÉDIA	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
VER / 18	BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MÉDIA
OUT / 18	ALTO	BAIXA	BAIXA	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
INV / 18	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
PRIM / 18	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
VER / 19	BAIXA	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
OUT / 19	BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	ALTO	ALTO		MUITO BAIXA
INV / 19	MUITO BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	BAIXA	ALTO		MÉDIA
PRIM / 19	MÉDIA	BAIXA	MÉDIA	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	MÉDIA
VER / 20	ALTO	BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
OUT / 20	MÉDIA	MÉDIA	BAIXA	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
INV / 20	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
PRIM / 20	MÉDIA	MÉDIA	BAIXA	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
VER / 21	MUITO BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
OUT / 21	BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
INV / 21	MUITO BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA		BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO
PRIM / 21	ALTO	ALTO	BAIXA	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
VER / 22	MÉDIA	BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
OUT / 22	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MÉDIA	BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO
INV / 22	ALTO		BAIXA		MÉDIA		
PRIM / 22	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
VER / 23	ALTO	ALTO	BAIXA	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
OUT / 23	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
INV / 23	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MÉDIA		MUITO BAIXA	ALTO
N registros	51	48	45	47	50	51	48
IQ Alto	27	17	7	13	41	0	18
IQ Médio	9	14	10	14	5	0	9
IQ Baixo	8	11	8	9	2	0	11
IQ Muito Baixo	7	6	21	11	1	51	10
IQ Alto	52,94%	35,42%	15,56%	27,66%	82,00%	0,00%	37,50%
IQ Médio	17,65%	29,17%	22,22%	29,79%	10,00%	0,00%	18,75%
IQ Baixo	15,69%	22,92%	17,78%	19,15%	4,00%	0,00%	22,92%
IQ Muito Baixo	13,73%	12,50%	46,67%	23,40%	2,00%	100,00%	20,83%

2.6.5.8. Elementos contaminantes

No período 2022-2023 foram obtidas 53 amostras de tecido muscular de peixes das quais 19 amostras de peixes carnívoros (35,85%), 19 amostras de peixes onívoros (35,85%) e 15 amostras de peixes raspadores bentônicos (28,30%). Neste ciclo de monitoramento 2022/2023 não foram obtidas amostras de peixes no ponto PT8. Já nos últimos dois ciclos anteriores a este apenas uma amostra em cada ciclo havia sido coletada. O maior número de amostras foi obtido nos Ponto PT4 (11 amostras) e no Ponto PT1 (10 amostras) (Quadro 197).

Quadro 197 - Número amostras de músculo de peixes obtidas no período de amostragem de novembro/2022 a agosto/2023, de acordo com o local de captura e o nível trófico das espécies doadoras para a análise de concentração de metais e elementos traço na área de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

Ponto de amostragem	Nível trófico	N amostras	% amostras	Total ponto	% ponto
1	carnívoro	4	7,55%	10	19,30%
	onívoro	5	9,43%		
	raspadores bentônicos	1	1,89%		
2	carnívoro	2	3,77%	7	12,28%
	onívoro	3	5,66%		
	raspadores bentônicos	2	3,77%		
3	carnívoro	3	5,66%	7	15,79%
	onívoro	1	1,89%		
	raspadores bentônicos	3	5,66%		
4	carnívoro	3	5,66%	11	14,04%
	onívoro	5	9,43%		
	raspadores bentônicos	3	5,66%		
5	carnívoro	3	5,66%	9	17,54%
	onívoro	3	5,66%		
	raspadores bentônicos	3	5,66%		
6	carnívoro	2	3,77%	2	7,02%
	onívoro	0	0,00%		
	raspadores bentônicos	0	0,00%		
7	carnívoro	2	3,77%	7	12,28%
	onívoro	2	3,77%		
	raspadores bentônicos	3	5,66%		
8	carnívoro	0	0,00%	0	1,75%

Ponto de amostragem	Nível trófico	N amostras	% amostras	Total ponto	% ponto
	onívoro	0	0,00%		
	raspadores bentônicos	0	0,00%		
Total de amostras		53	100,00%	53	100,00%

Até o momento foram obtidas amostras de tecidos (músculo) de 711 exemplares de peixes no monitoramento da área de influência da UTE Presidente Médici. Considerando os nove elementos analisados esse conjunto de amostra possibilitou a realização de 6.399 análises porém, algumas análises não puderam ser realizadas porque o volume de tecido foi insuficiente (324). Dentre as análises realizadas 2.571 resultaram em concentrações detectáveis dos elementos estudados. Os resultados demonstram que todos os elementos pesquisados já apresentaram níveis detectáveis de sua presença nos peixes.

Com exceção do Níquel (Ni), todas as outras substâncias apresentaram concentrações acima do Limite Máximo Tolerado (LMT) adotado nesse trabalho em algum momento da série histórica.

A seguir os resultados são apresentados e discutidos para cada elemento.

Arsênio (As)

O Arsênio passou a ser incluído no rol de elementos analisados no inverno de 2007. Desde então o elemento tem sido detectado em todos os níveis tróficos sendo que as concentrações mais importantes têm sido observadas nos peixes raspadores bentônicos (Figuras 195, 196 e 197).

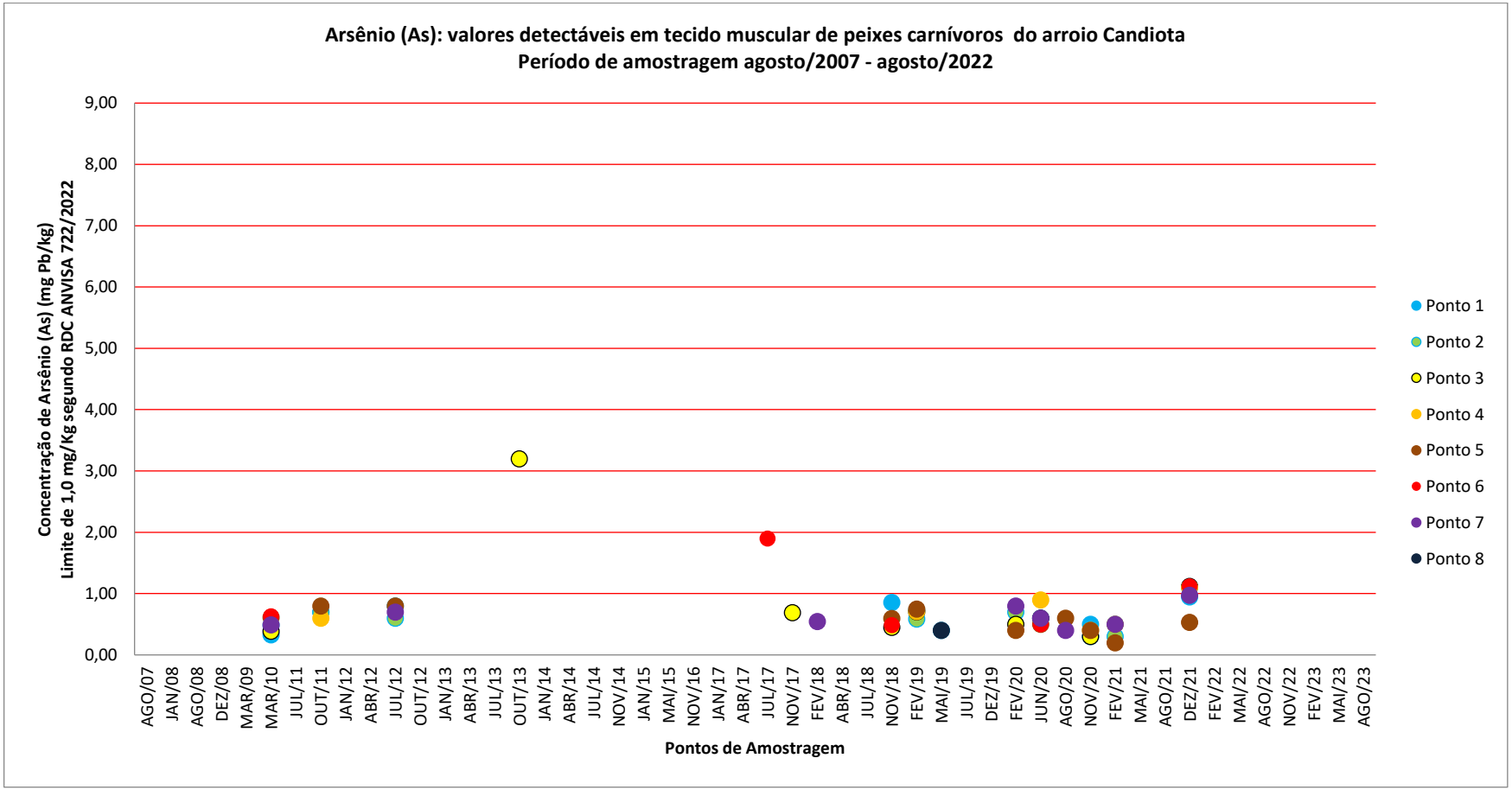
Dentre as amostras analisadas 52 apresentaram concentrações acima do que estabelece a RDC ANVISA 722/2022. Os peixes raspadores bentônicos apresentaram a maior incidência de amostras com concentrações acima do limite (41). Também nesse grupo trófico foram registradas as maiores concentrações de Arsênio (Figura 214).

Amostras de peixes contaminados foram registradas em todos os locais monitorados (Figuras 195, 196 e 197).

Quadro 198 - Número de amostras de peixes contaminados com Arsênio (As) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

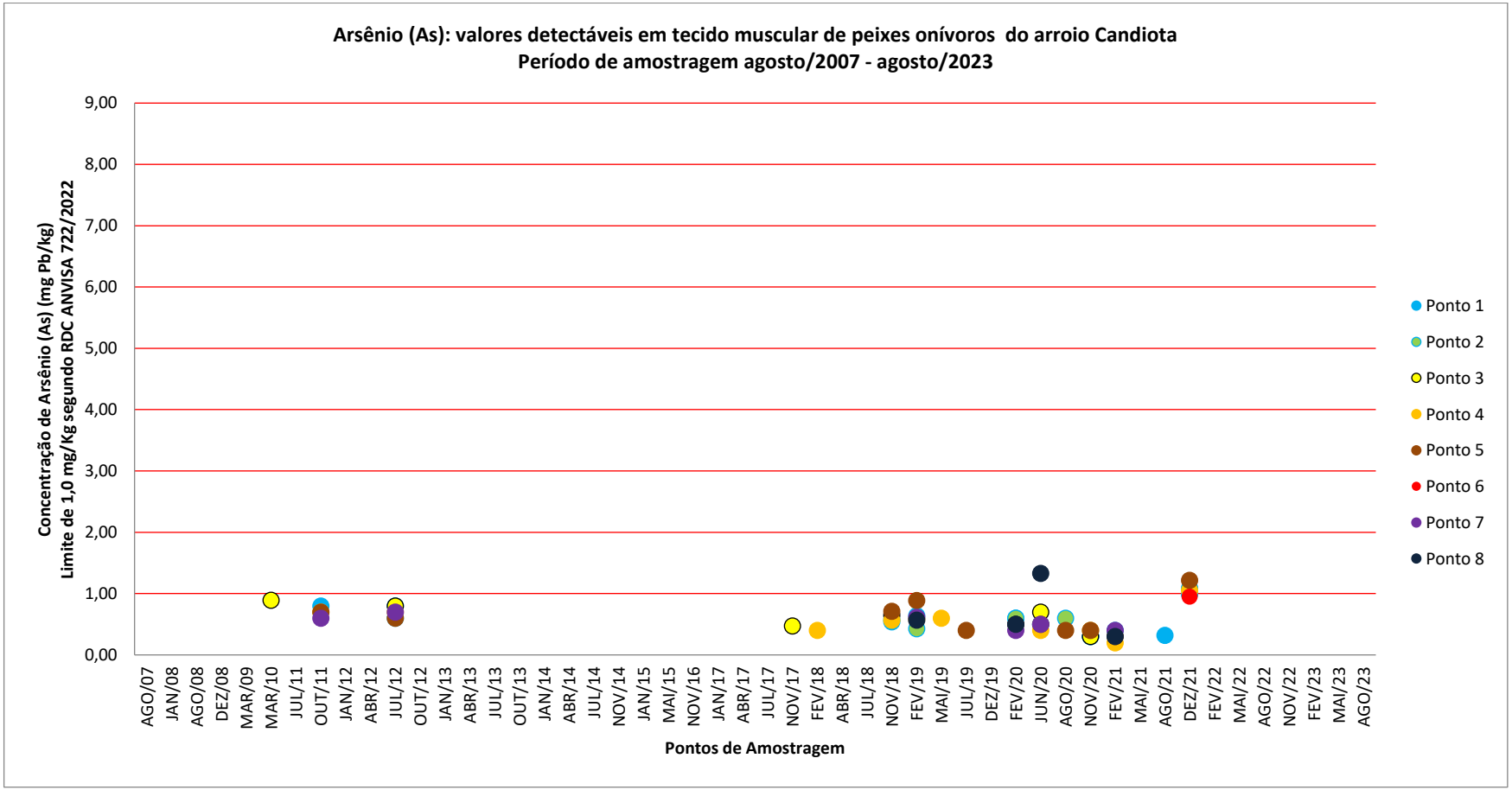
Local monitorado	Carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	0	0	1	**1**
Ponto 2	1	1	6	**8**
Ponto 3	2	0	7	**9**
Ponto 4	1	1	13	**15**
Ponto 5	0	1	2	**3**
Ponto 6	2	0	0	**2**
Ponto 7	0	0	12	**12**
Ponto 8	0	1	0	**1**
Total	**6**	**4**	**41**	**51**

Quadro 199 - Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



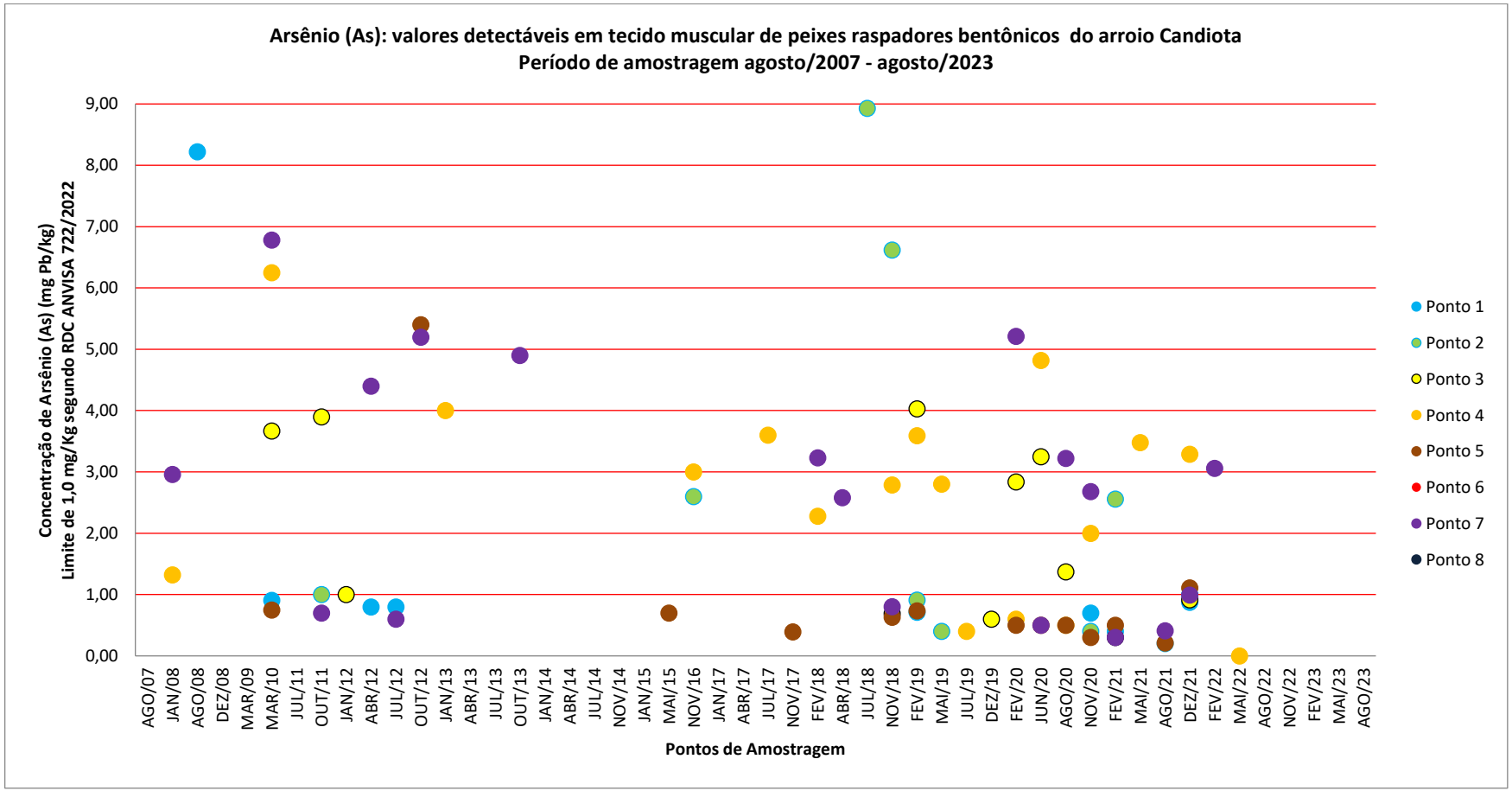
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 200 - Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Quadro 201 - Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



Cádmio(Cd)

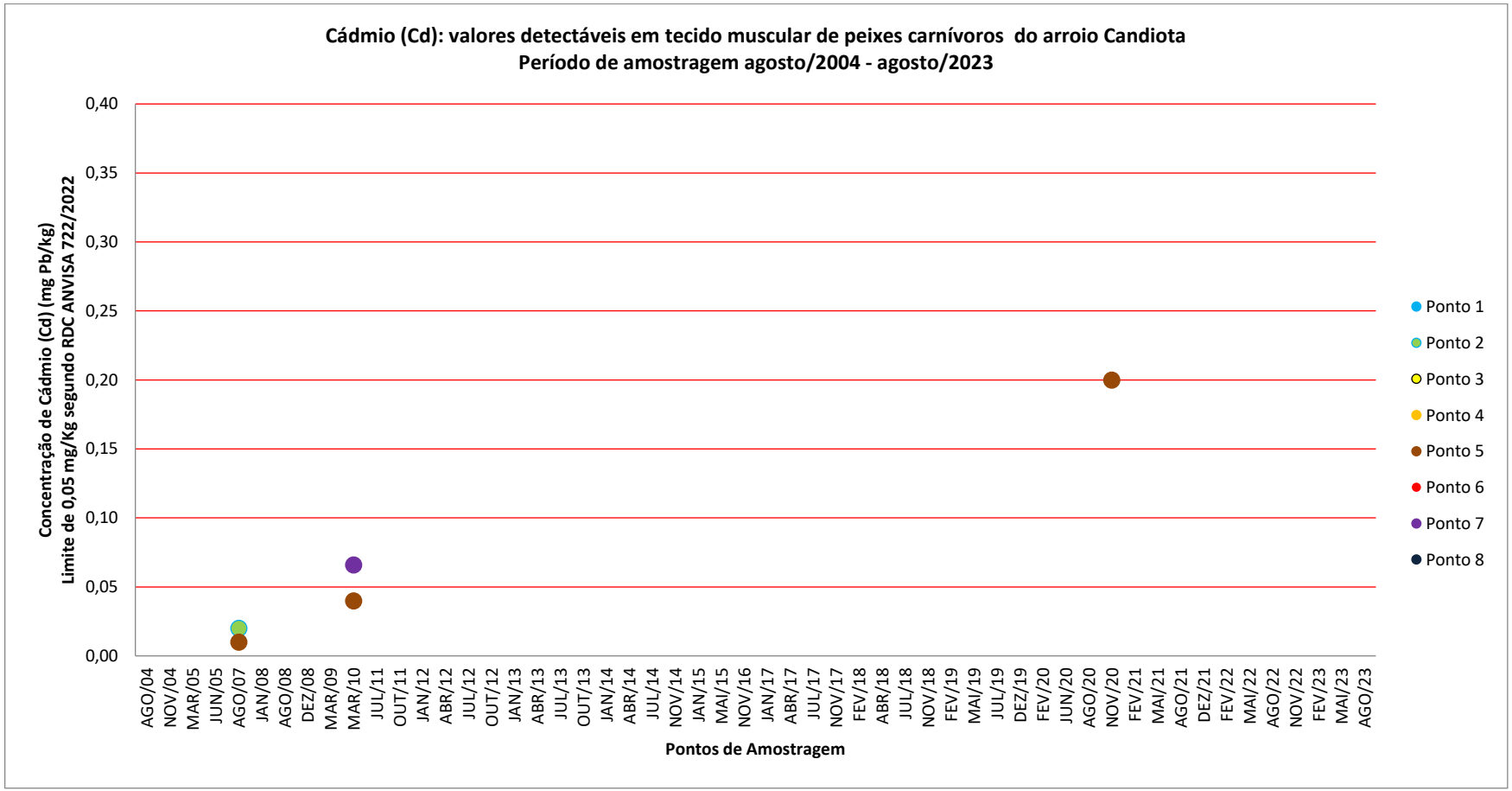
O Cádmio faz parte do rol elementos analisados desde agosto de 2004. Vinte e uma amostras apresentaram valores detectáveis de Cádmio e apenas sete dessas amostras apresentaram concentrações acima do que estabelece a RDC ANVISA 722/2022. Outro aspecto interessante é que as detecções de Cádmio ocorreram na fase inicial do monitoramento. Os registros mais recentes ocorreram nos pontos PT2 e PT5 na campanha de novembro de 2020. Cinco dos sete registros de concentrações elevadas de Cádmio ocorreram no ponto PT2 (Figuras 193, 194 e 195)

O Quadro 202 apresenta a distribuição das amostras contaminadas conforme o grupo trófico e o local monitorado.

Quadro 202 - Número de amostras de peixes contaminados com Cádmio (Cd) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

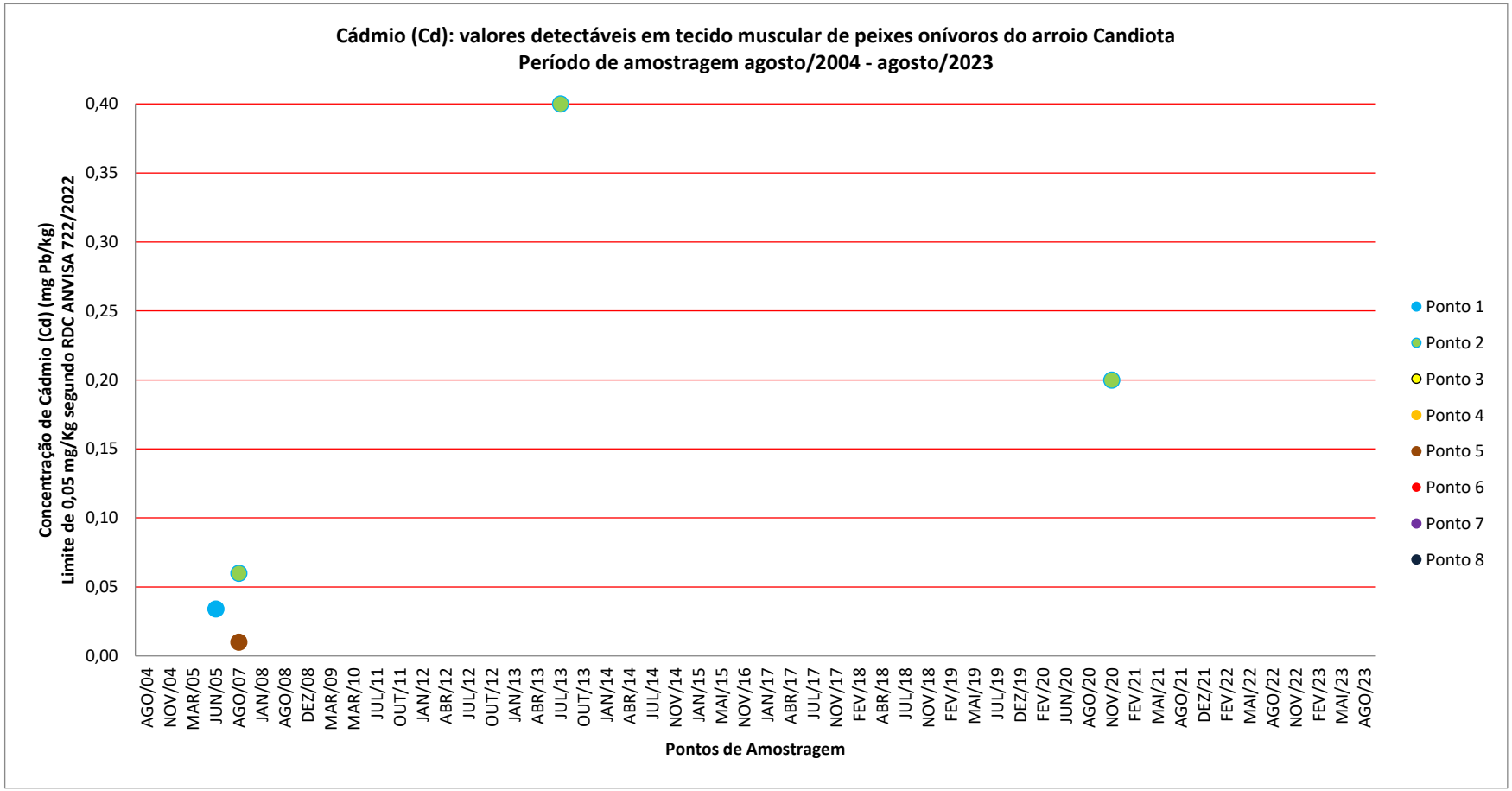
Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	**0**	**0**	**0**	**0**
Ponto 2	**0**	**3**	**2**	**5**
Ponto 3	**0**	**0**	**0**	**0**
Ponto 4	**0**	**0**	**0**	**0**
Ponto 5	**1**	**0**	**0**	**1**
Ponto 6	**0**	**0**	**0**	**0**
Ponto 7	**1**	**0**	**0**	**1**
Ponto 8	**0**	**0**	**0**	**0**
Total	**2**	**3**	**2**	**7**

Figura 193 - Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



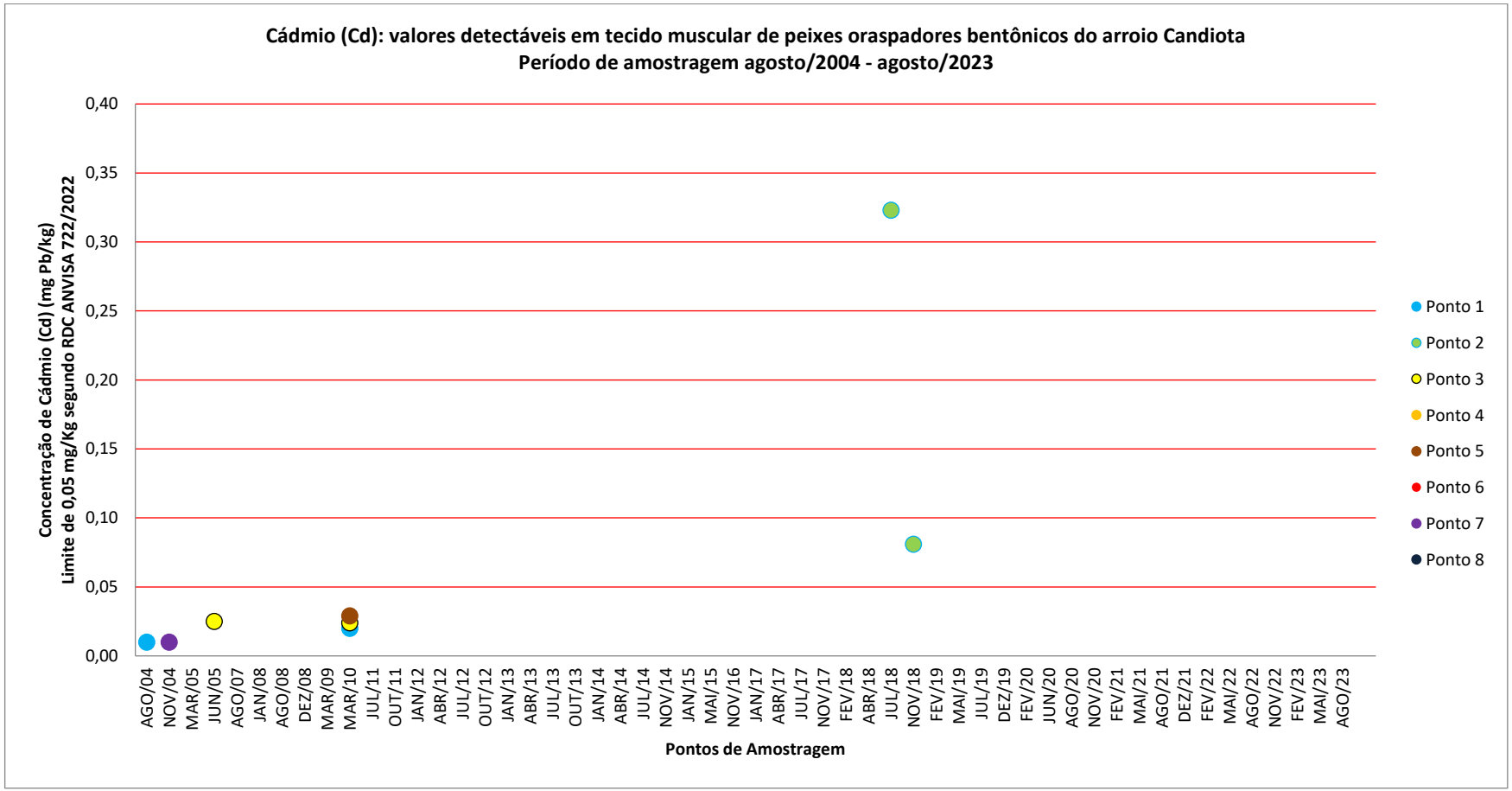
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 194 - Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 195 - Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



Chumbo(Pb)

As concentrações de Chumbo nos peixes vêm sendo monitoradas desde agosto de 2004. Foram identificadas 16 amostras em que o LMT foi superado. Ainda que não seja um elemento contaminante frequentemente encontrado nas amostras, aparentemente as maiores concentrações encontram-se nos peixes onívoros (Quadro 203; Figuras 196, 197 e 198).

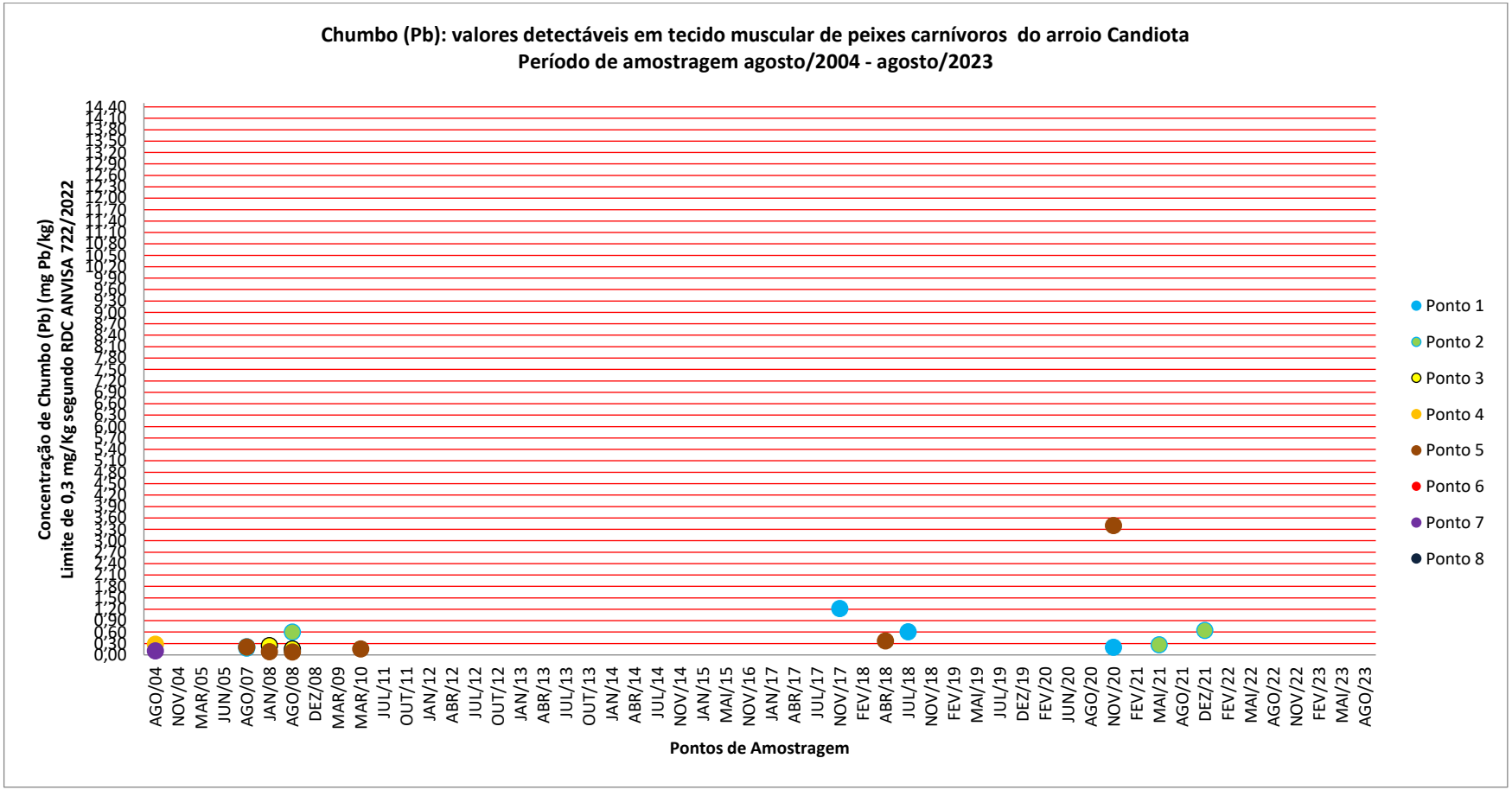
Com exceção do Ponto 6, amostras de peixes contaminados com Chumbo (Pb) foram registradas em todos os locais monitorados (Quadro 203 e Figuras 196, 197 e 198).

Quadro 203 - Número de amostras de peixes contaminados com Chumbo (Pb) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	2	2	0	4
Ponto 2	1	0	2	3
Ponto 3	0	0	1	1
Ponto 4	0	1	1	2
Ponto 5	2	0	0	2
Ponto 6	0	0	0	0
Ponto 7	0	2	0	2
Ponto 8	0	2	0	2
Total	5	6	4	16

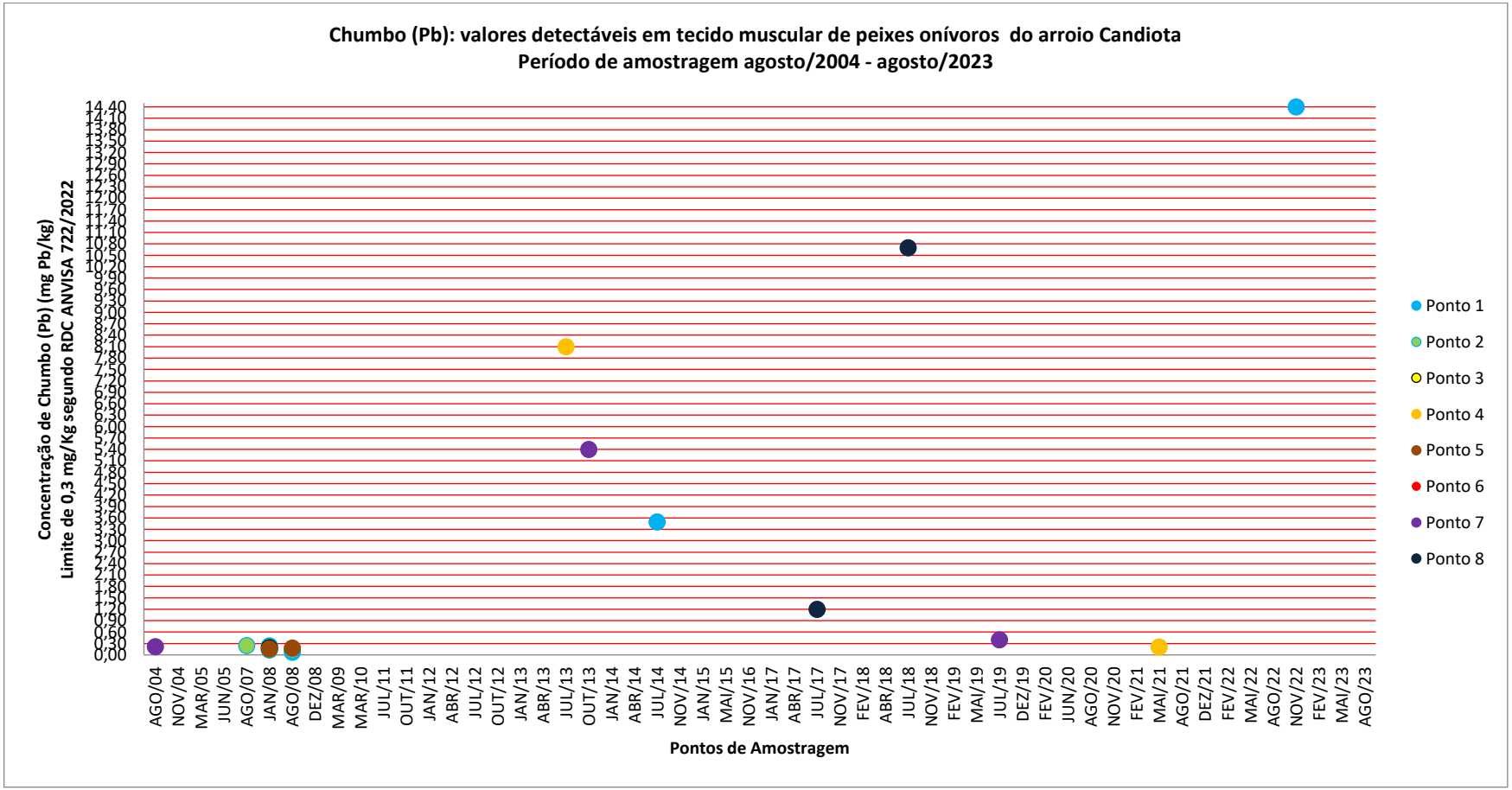
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 196 - Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



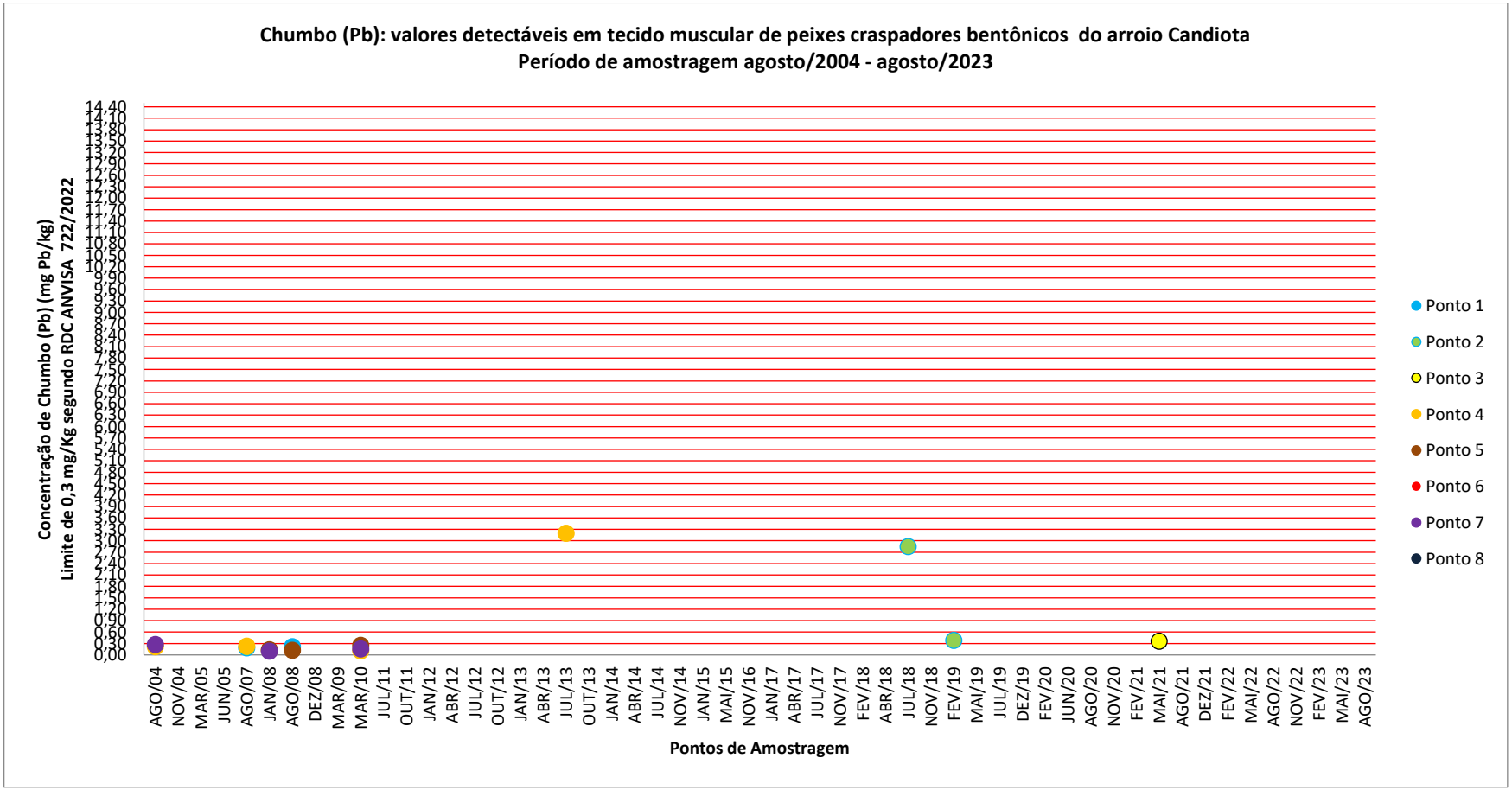
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 197 - Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 198 - Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

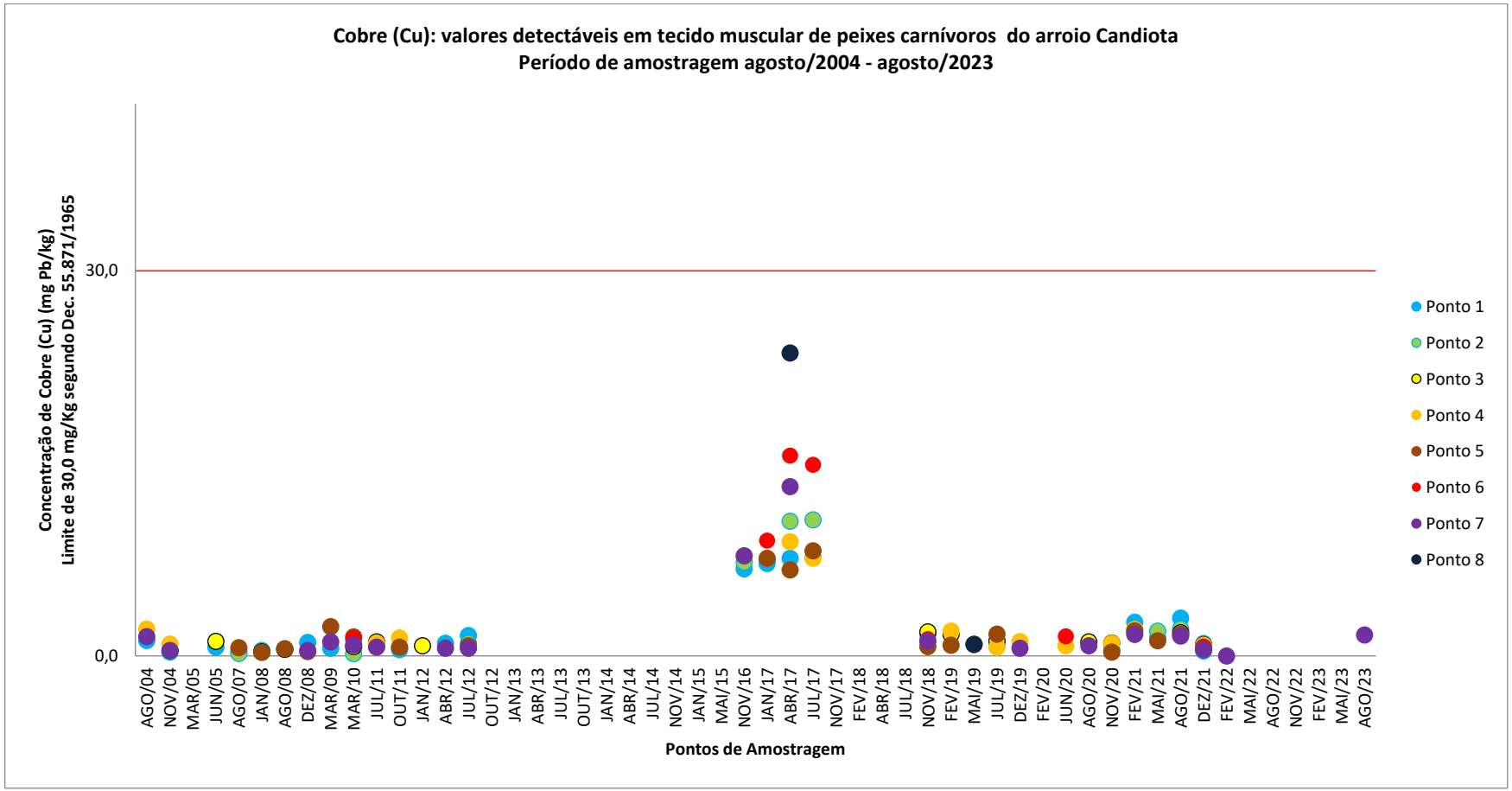


Cobre (Cu)

O Cobre tem sido monitorado nos peixes desde agosto de 2004. Amostras detectáveis de cobre foram frequentes em todos os níveis tróficos analisados na fase inicial do projeto entre 2004 e 2012. Após um hiato nas detecções desse elemento ele voltou a ser detectado, em concentrações maiores mas ainda dentro dos limites de tolerância, pelo período de 2015 a 2017 quando segue sendo registrado em concentrações mais baixas. Apenas duas amostras superaram o Limite de Máximo de Tolerância, uma amostra de peixe onívoro capturada em janeiro/2017 no Ponto 6 e uma amostra de peixe raspador bentônico, capturado no Ponto 3 em maio/2022 apresentaram concentrações de cobre acima do que estabelece a Dec. 55.871/1965 (Figuras 199, 200 e 201).

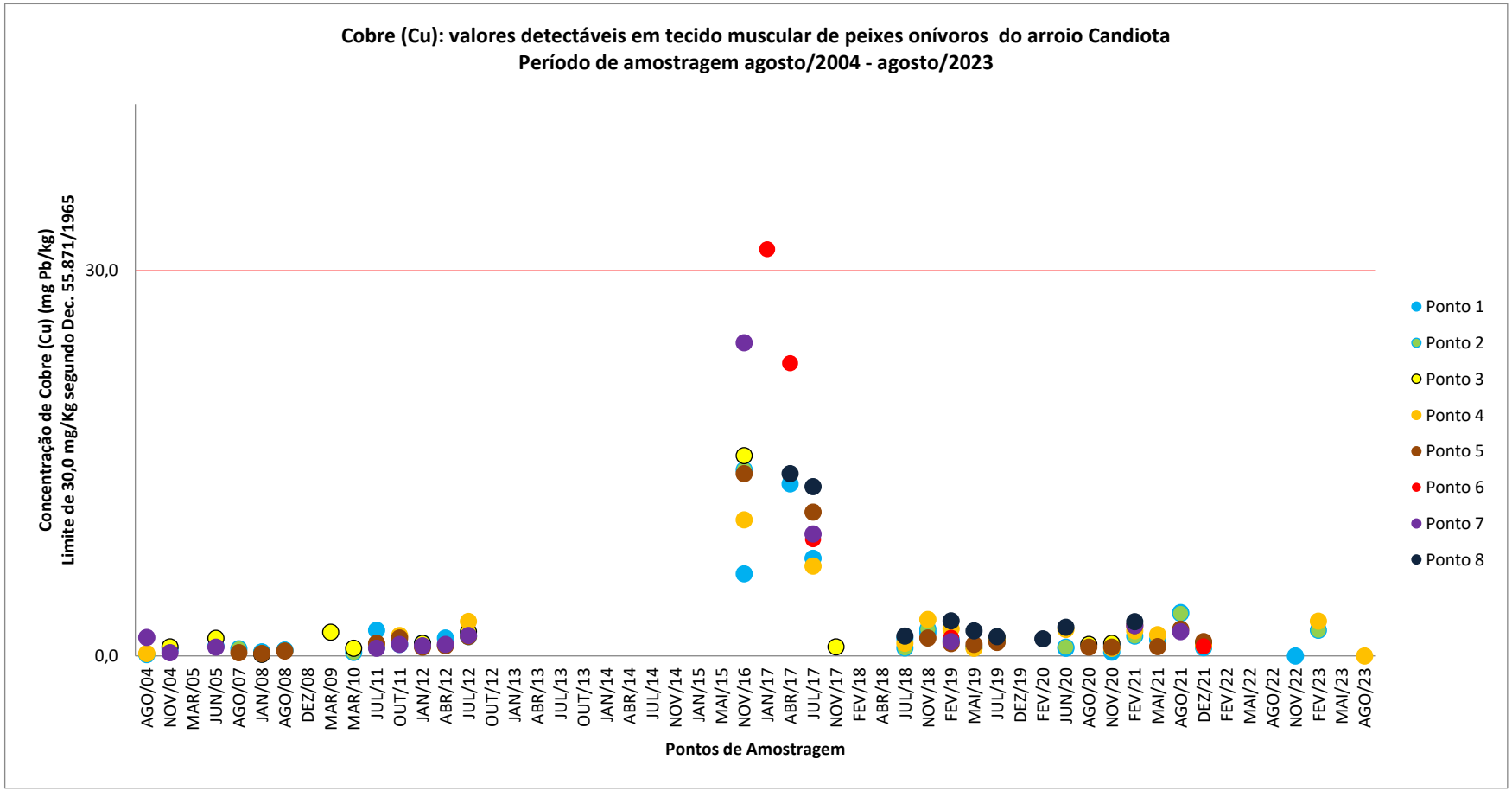
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 199 - Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



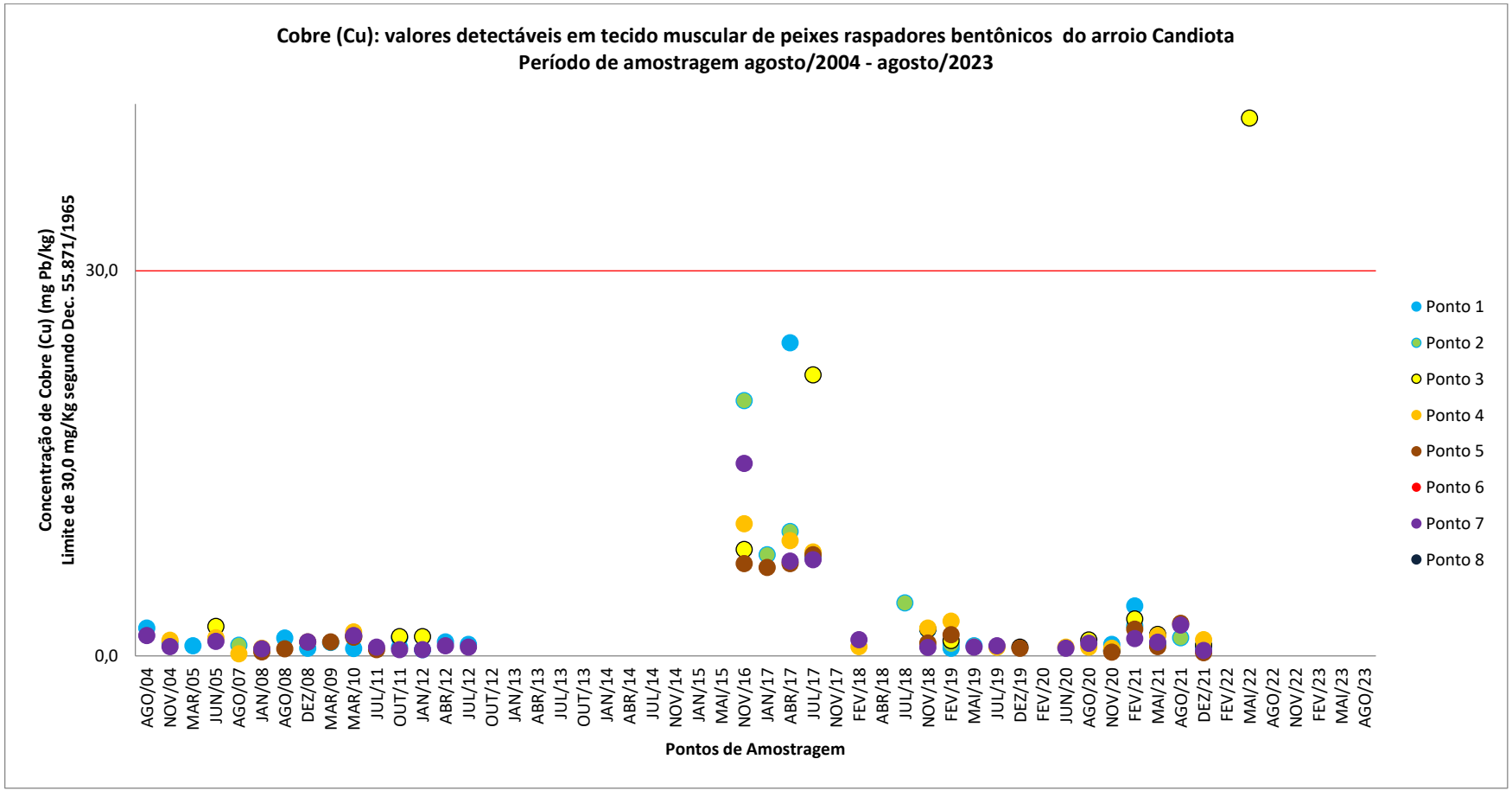
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 200 - Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 201 - Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



Cromo (Cr)

O Cromo tem sido monitorado nos peixes desde agosto de 2004. Na fase inicial do monitoramento o Cromo era detectado em concentrações elevadas em todos os níveis tróficos e esses registros se mantiveram entre agosto/2004 e março/2009. Desde 2009 até julho/2017 houve apenas cinco registros de peixes contaminados sendo quatro onívoros e um raspador bentônico. Destes registros três foram detectados no ponto PT3 e um no ponto PT2. A partir de 2017 o Cromo volta a ser detectado constantemente nos diferentes níveis tróficos em concentrações elevadas, muitas vezes acima do LMT. Amostras de peixes contaminados foram registradas em toda a rede de monitoramento (Figuras 202, 203 e 204).

Figura 202 - Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

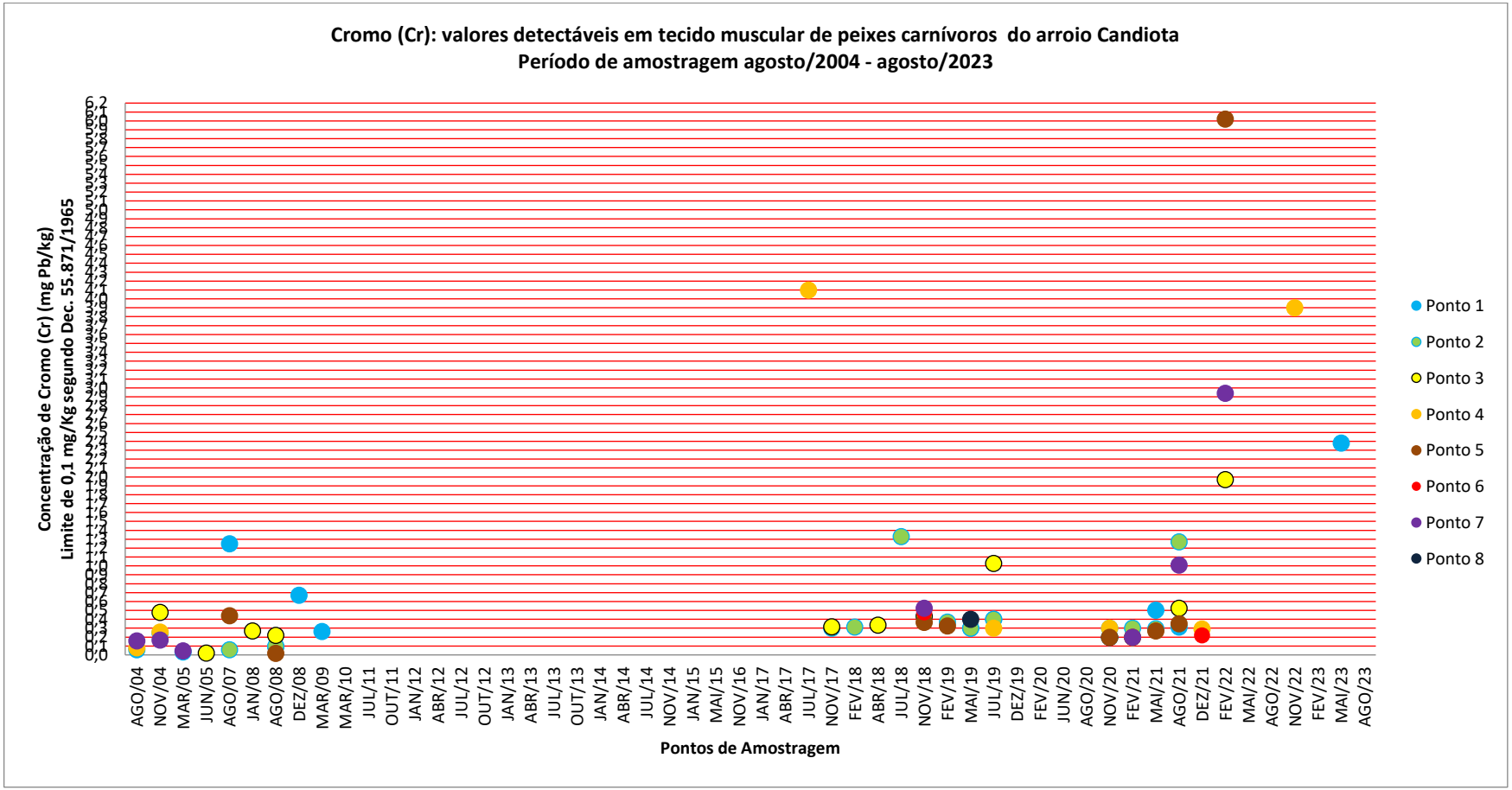
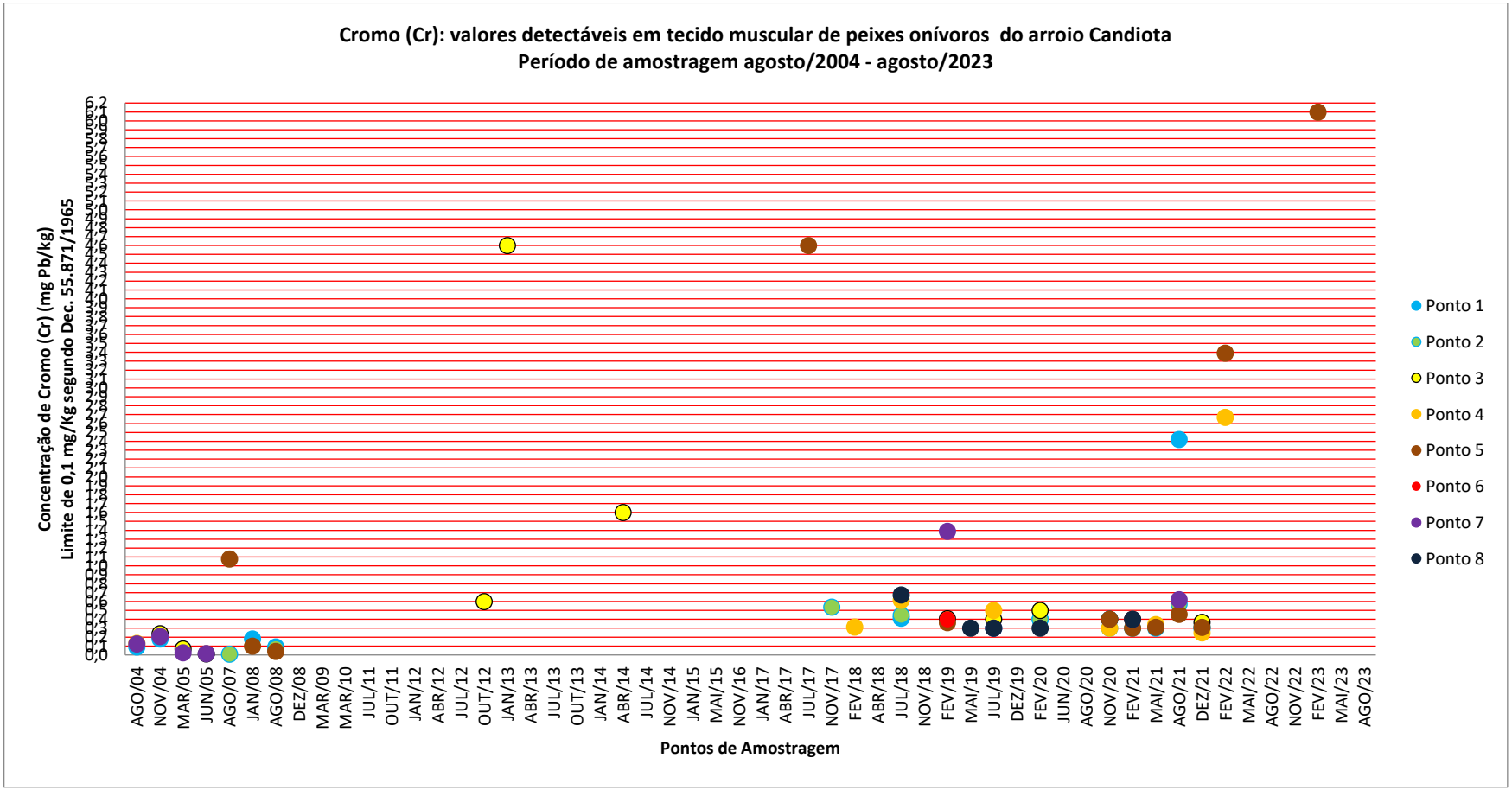
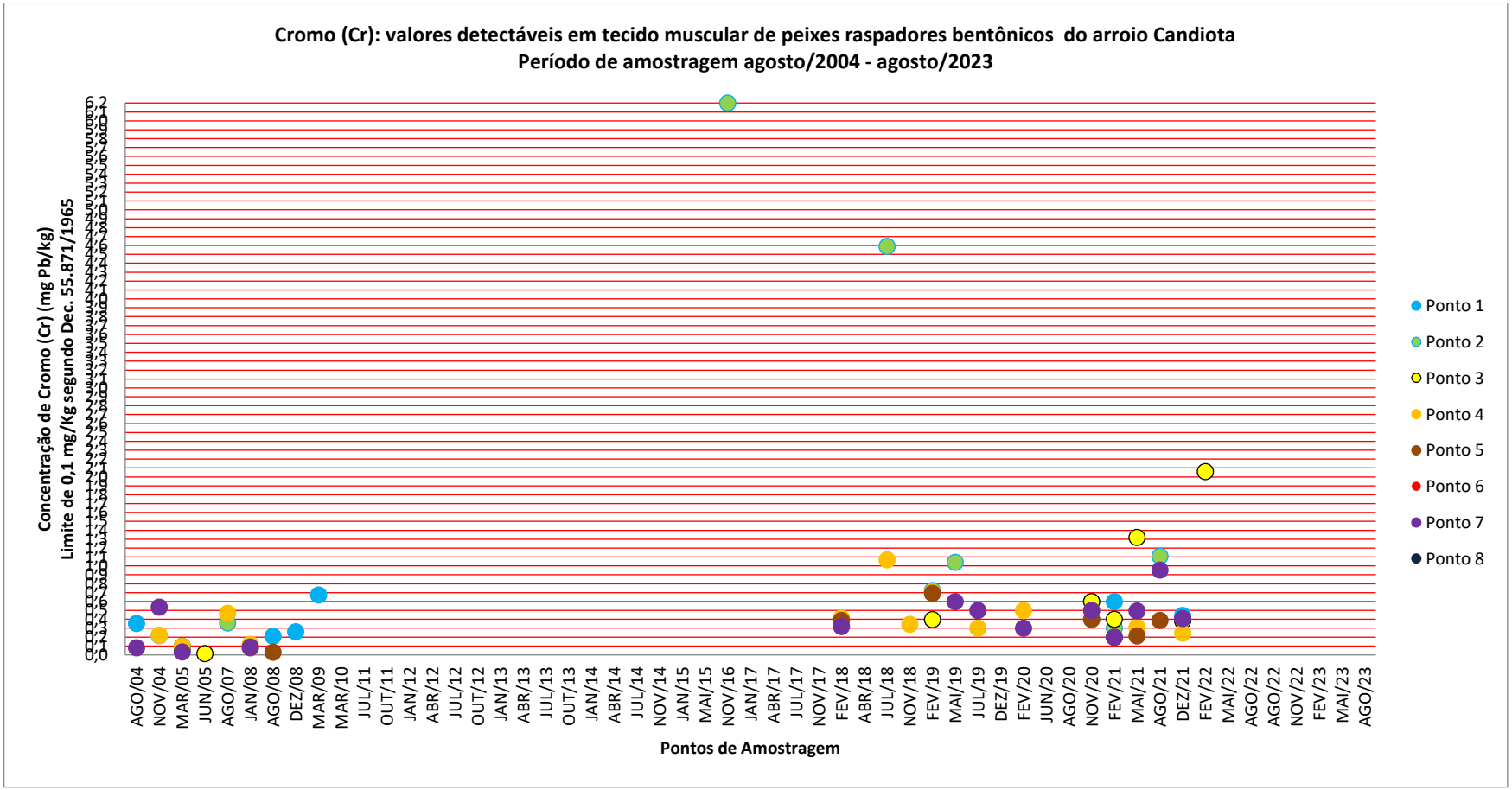


Figura 203 - Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 204 - Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



Manganês (Mn)

O manganês é o segundo elemento analisado mais comumente encontrado em peixes de todos os níveis tróficos. Há uma tendência de maiores concentrações serem observadas nos peixes onívoros, seguidos pelos peixes raspadores bentônicos e por fim os peixes carnívoros.

Concentrações extremas foram registradas em peixes carnívoros no Ponto 6 nas campanhas de janeiro/2017 (153,0 mg/Kg) e julho/2017 (79,9 mg/Kg). Entre os onívoros concentrações extremas foram registradas no Ponto 2 na campanha de janeiro/2013 (54,1 mg/Kg) e no Ponto 6 na campanha de julho/2017 (125,0 mg/Kg). Os raspadores bentônicos apresentaram concentrações de manganês extremamente altas no Ponto 4 na campanha de abril/2017 (50,3 mg/Kg) e no Ponto 7 na campanha de dezembro/2008 (810 mg/kg).

Peixes contaminados foram registradas em todos os locais monitorados (Figuras 205, 206 e 207).

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 205 - Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

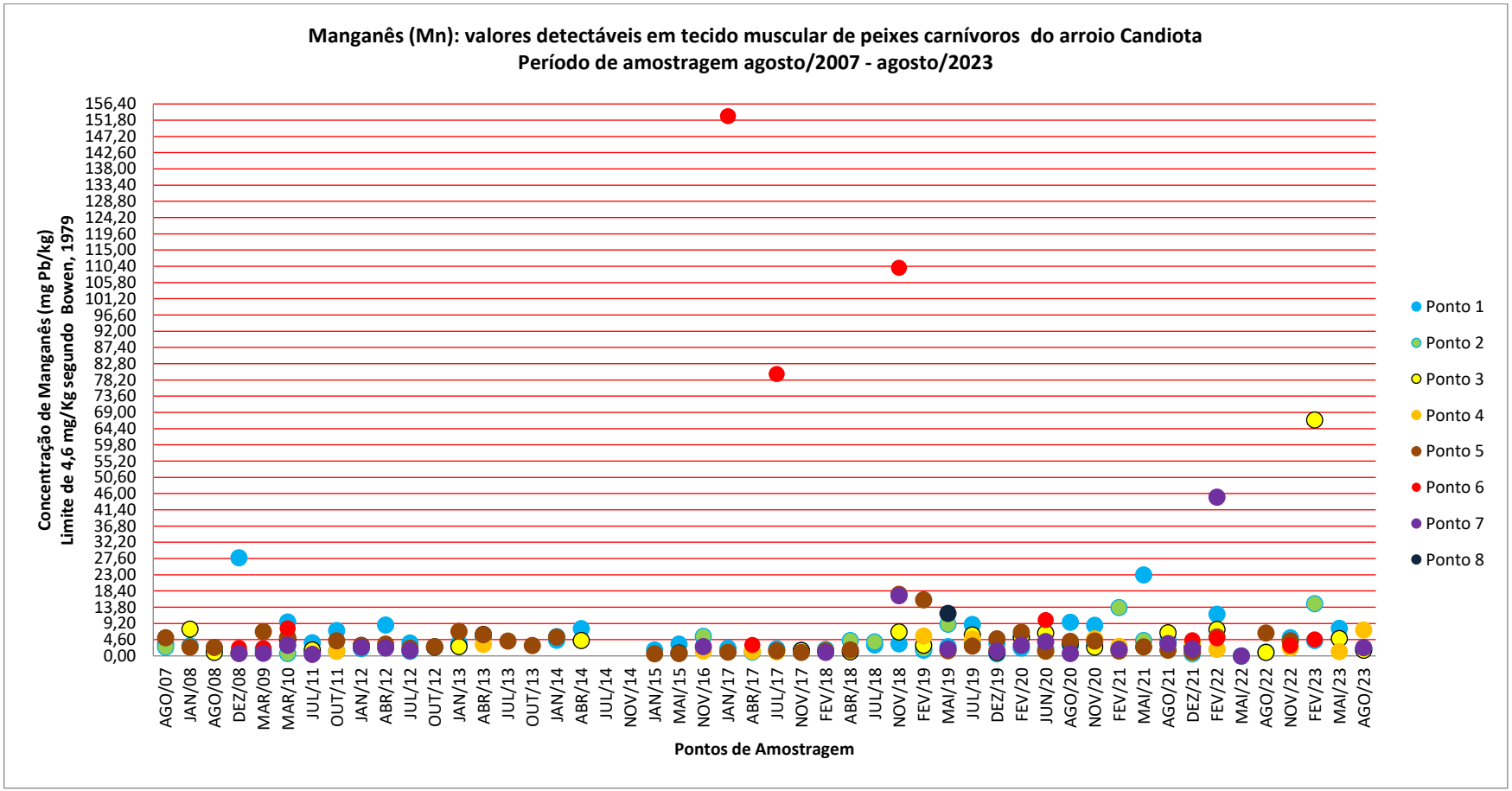
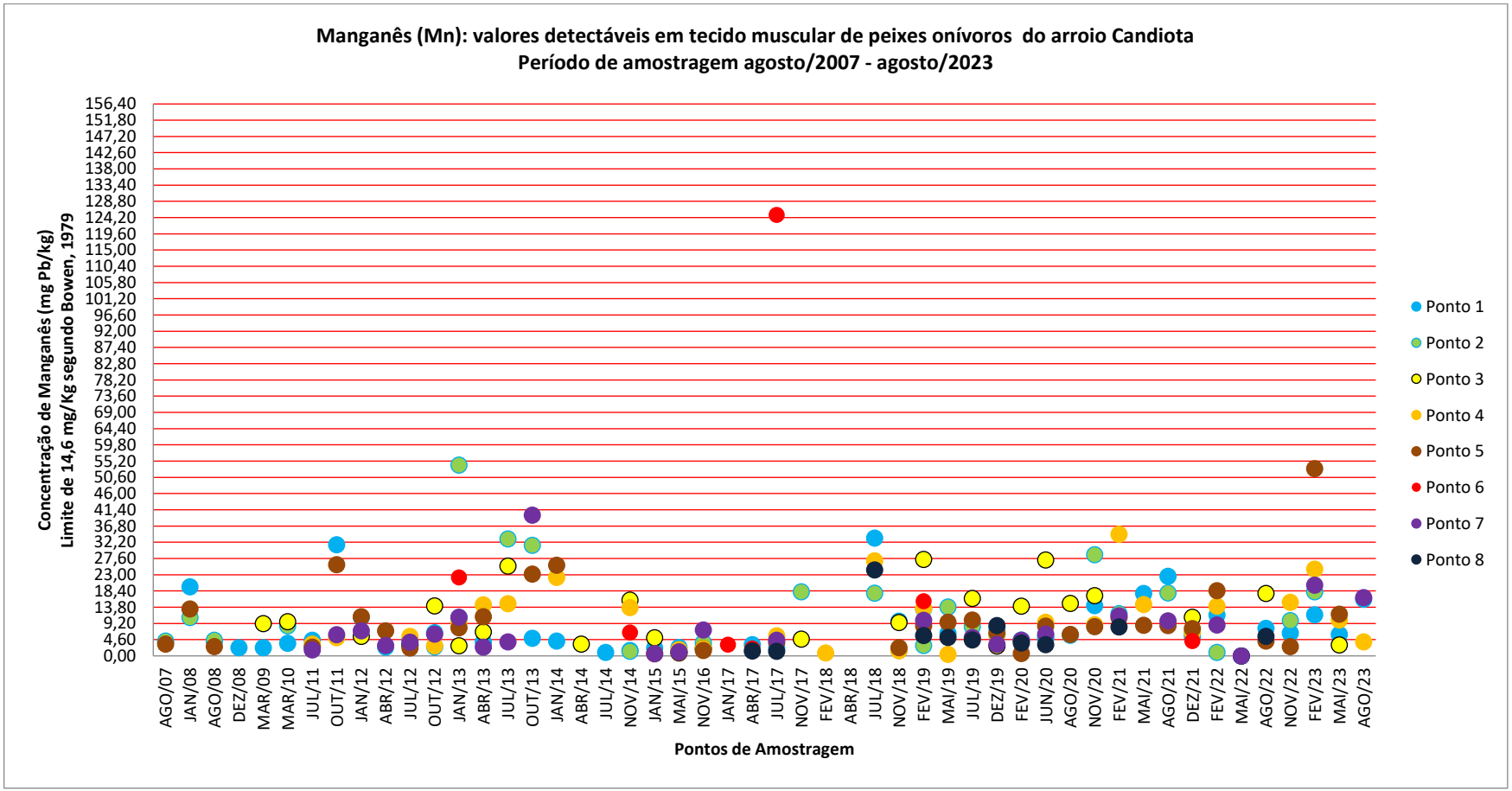
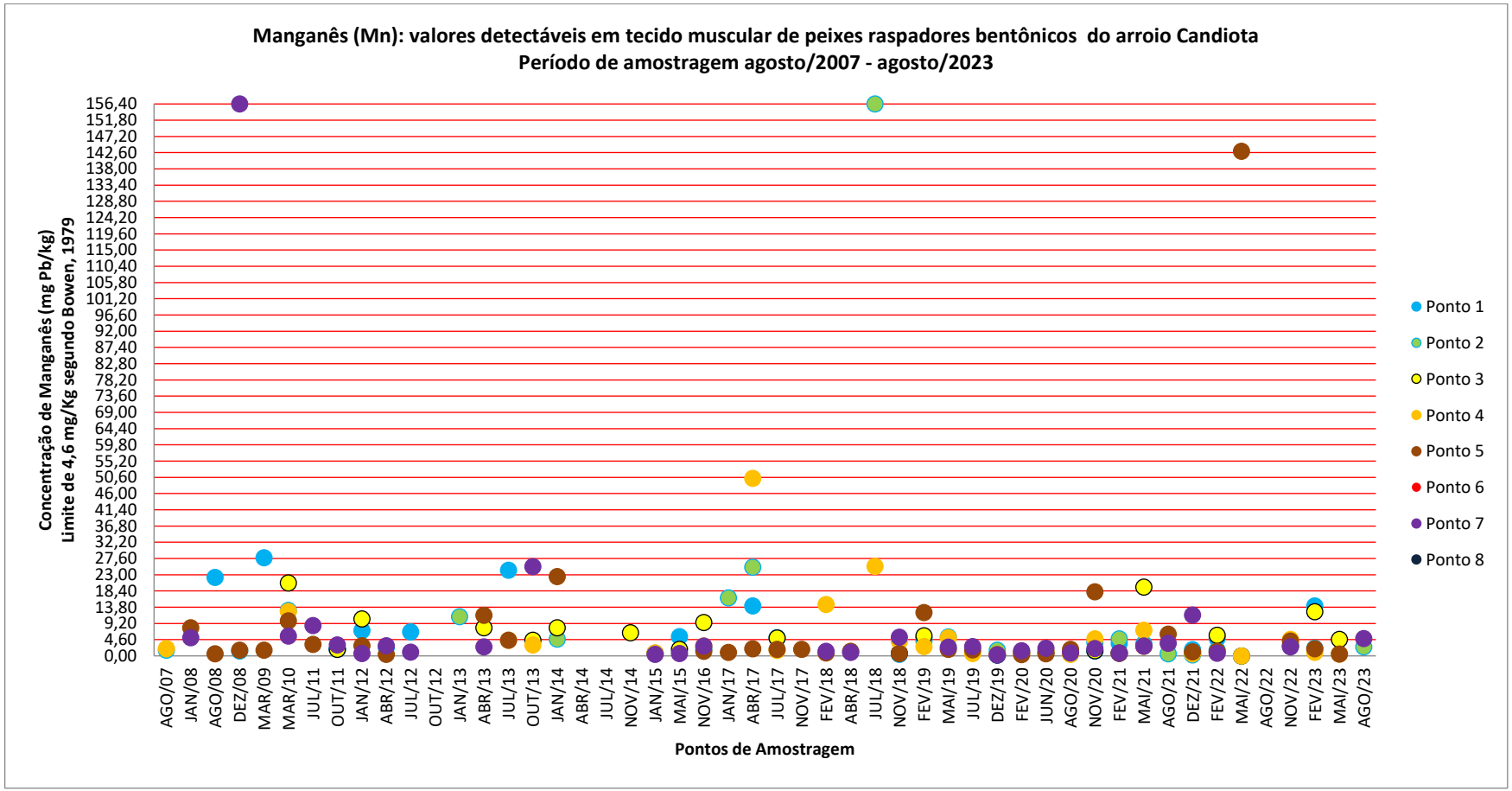


Figura 206 - Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 207 - Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

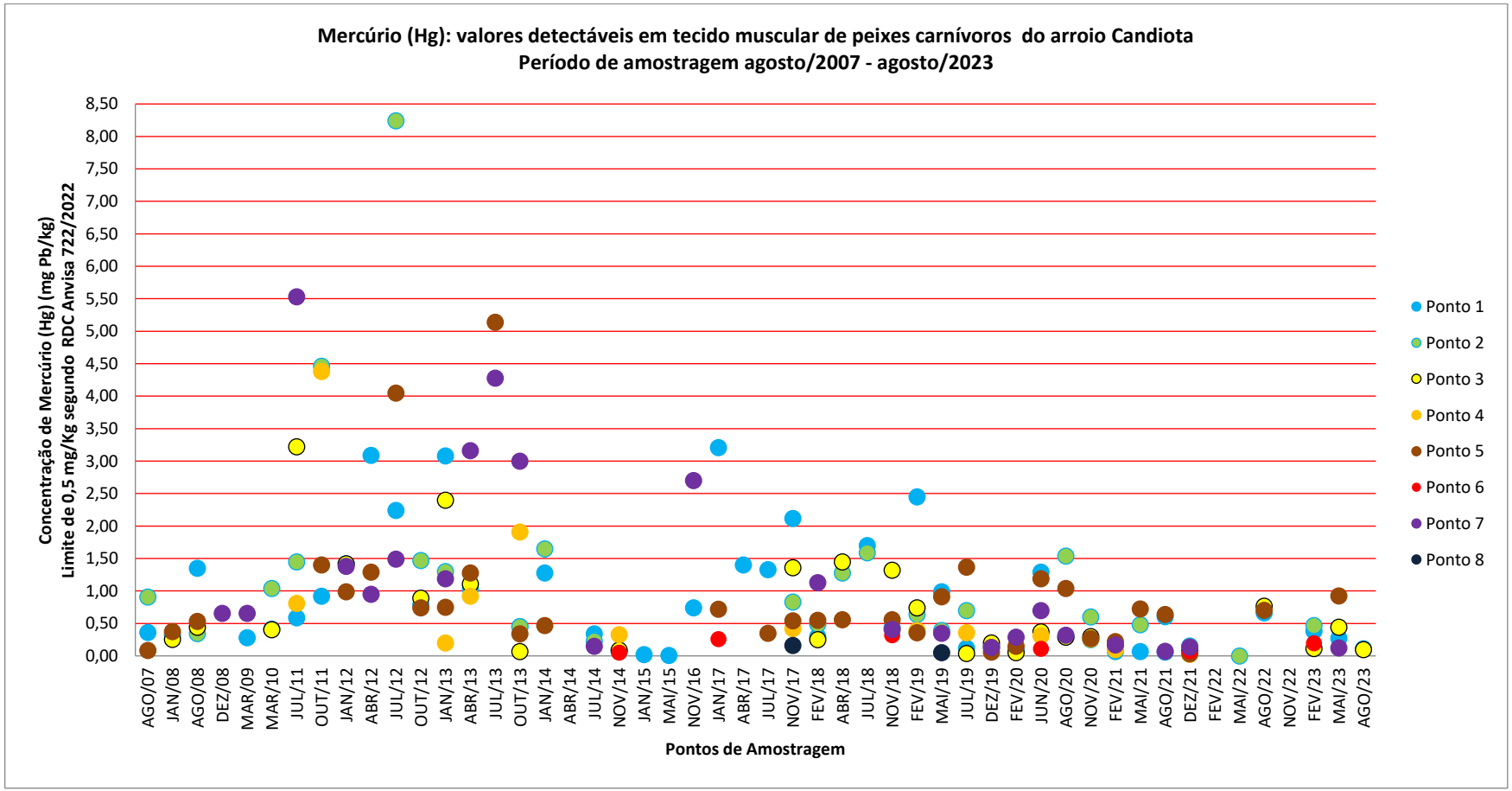


Mercúrio (Hg)

O mercúrio é o terceiro elemento analisado mais comumente encontrado em peixes de todos os níveis tróficos. Entre os carnívoros ocorre a maior frequência de registros de peixes com concentrações acima do LMT definido pela RDC ANVISA 722/2022 (Figura 208). Nesse grupo também s observam as maiores concentrações registradas. exceção do Ponto 8, amostras de peixes contaminados foram registradas em todos os locais monitorados (Figuras 208, 209 e 210).

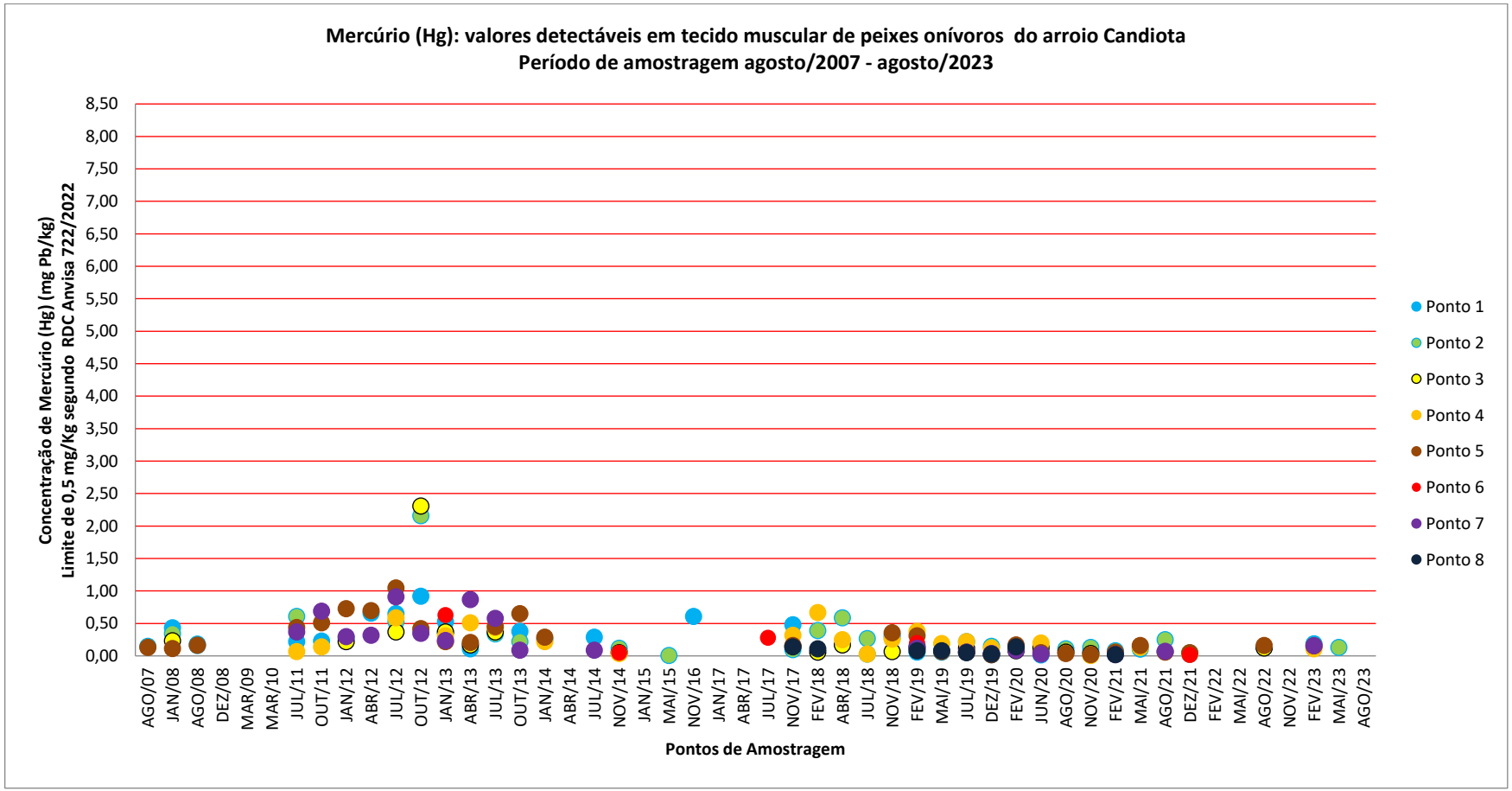
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 208 - Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



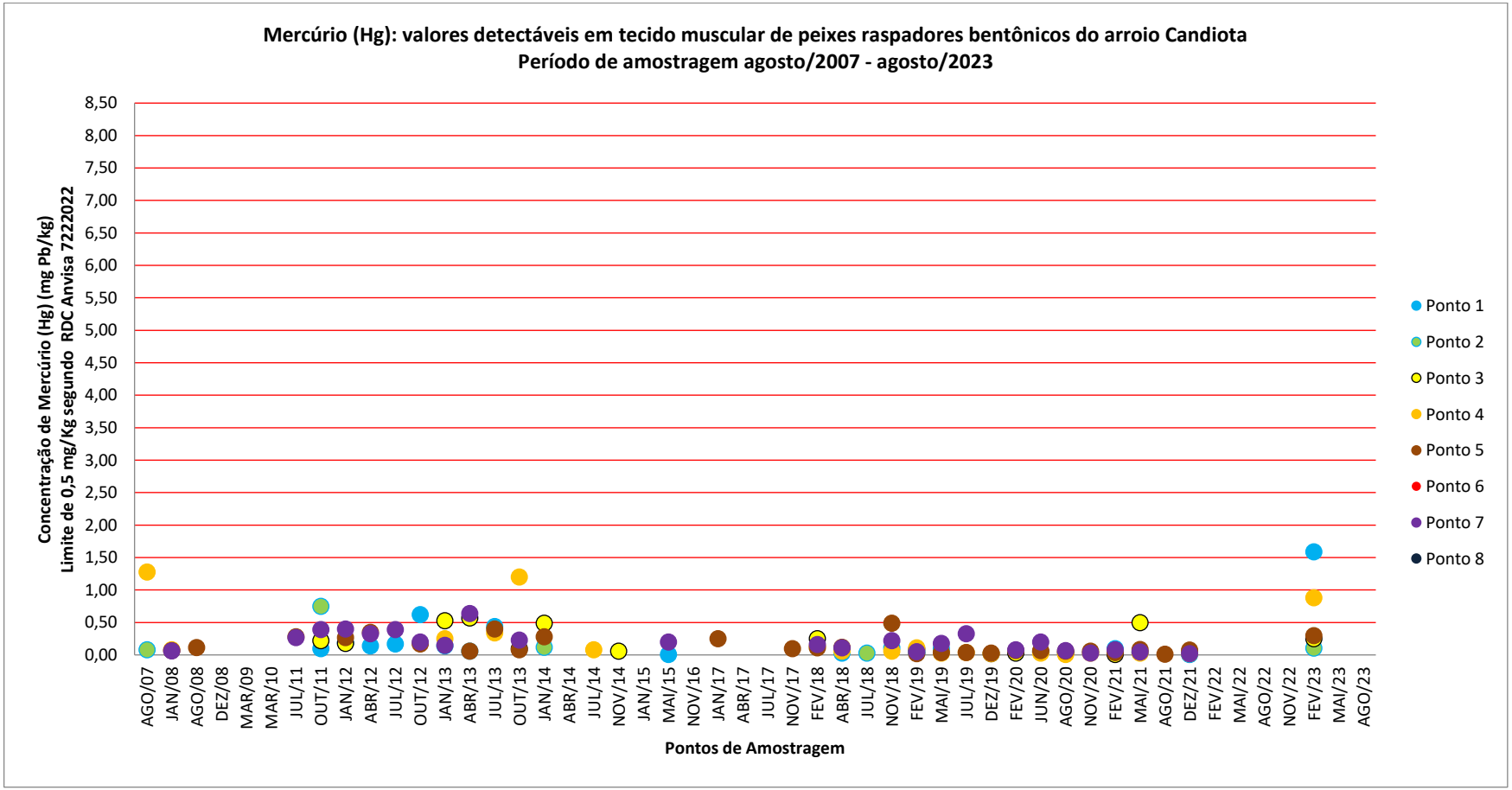
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 209 - Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 210 - Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



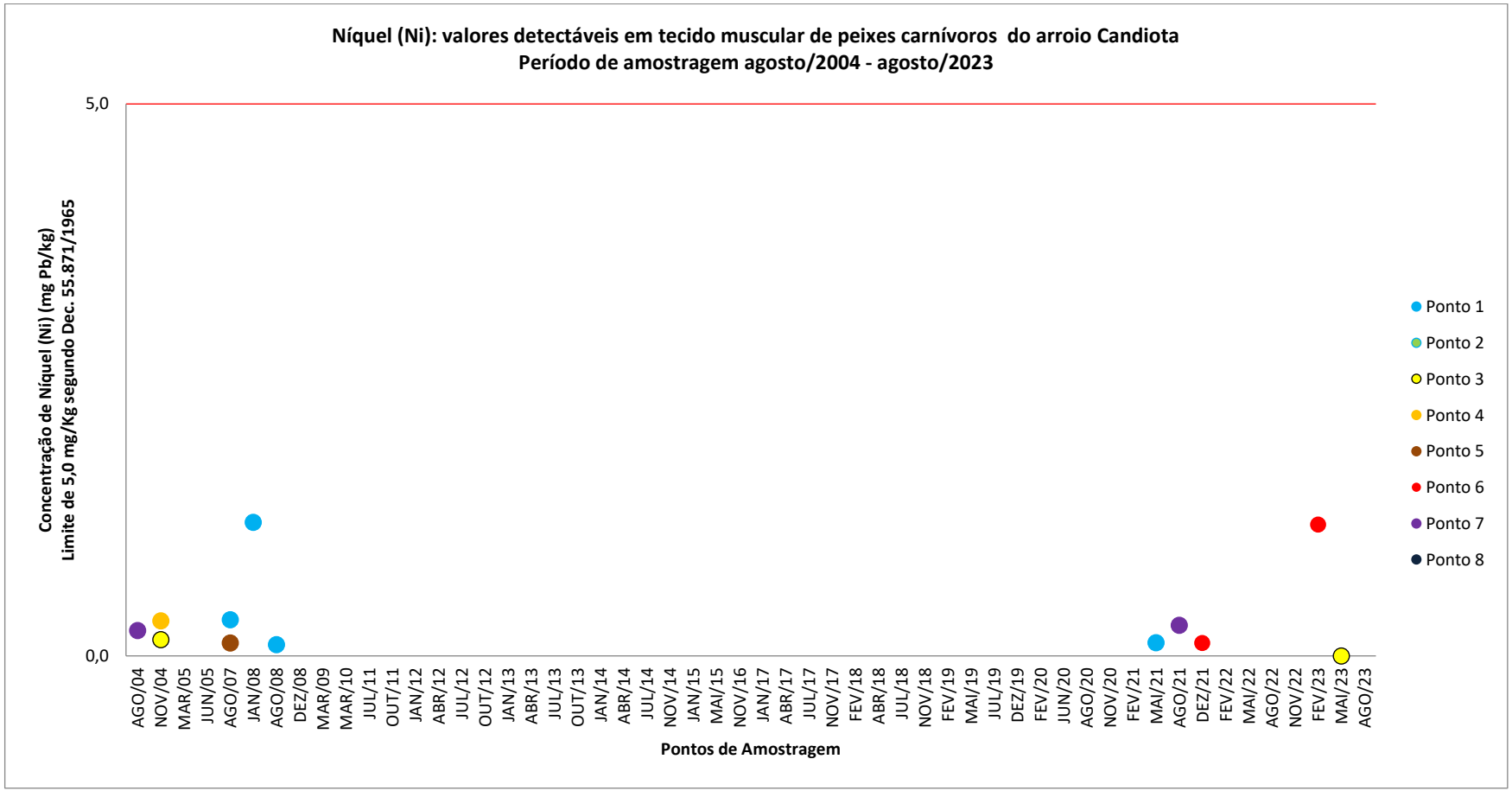
Níquel (Ni)

O Níquel tem sido monitorado nos peixes desde agosto de 2004. Até o momento aproximadamente 50 amostras apresentaram valores detectáveis de Níquel sendo que a maioria desses registros é anterior a 2009 e esporadicamente foi detectado nos peixes raspadores bentônicos após isso. As duas últimas campanhas de amostragem, no entanto, detectaram Níquel em todos os grupos tróficos. Nenhuma amostra apresentou concentração acima do limite estabelecido no Dec. 55.871/1965.

As figuras 211, 212 e 213 apresentam os gráficos de concentração de Níquel para cada grupo trófico.

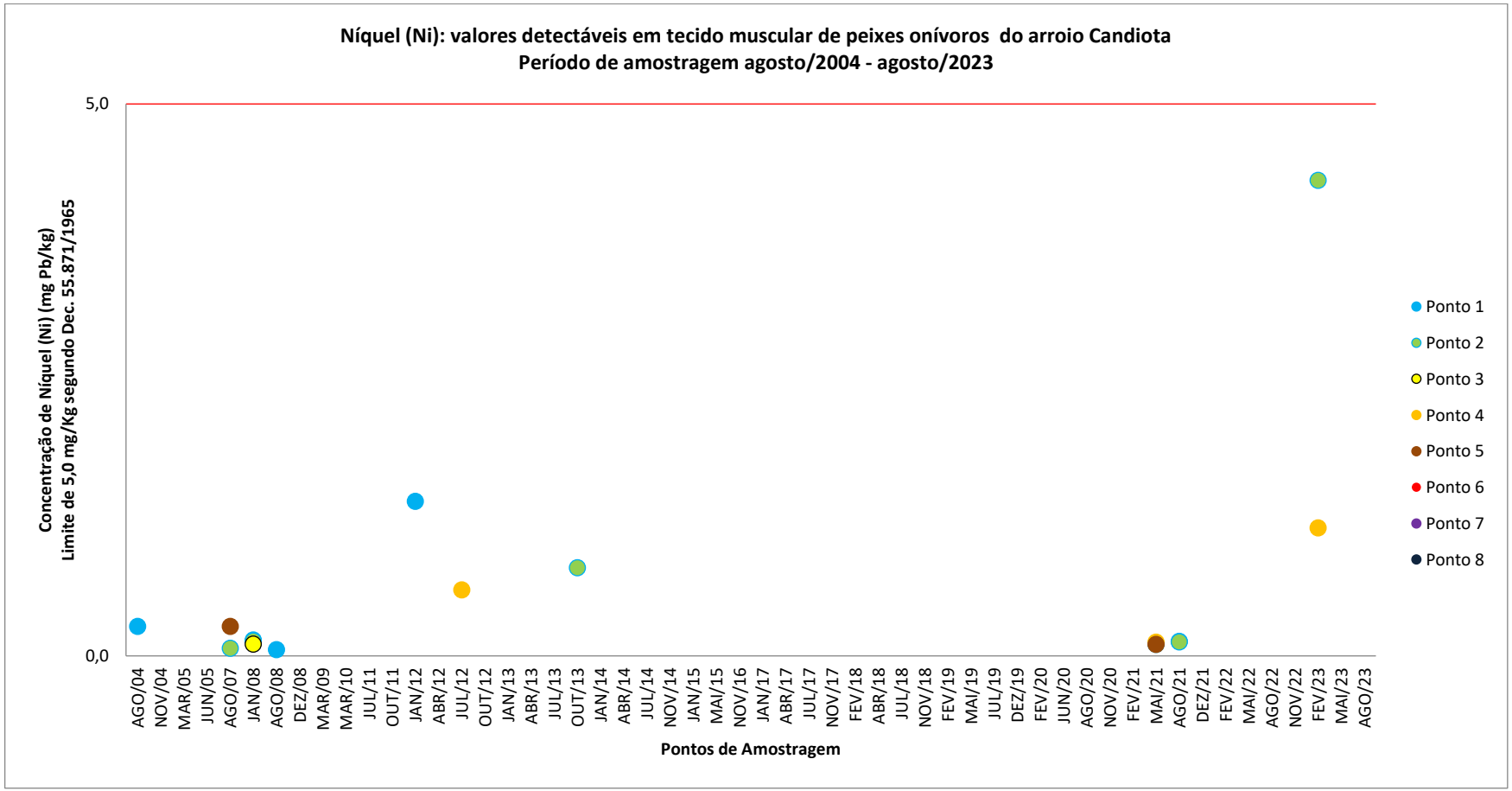
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 211 - Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



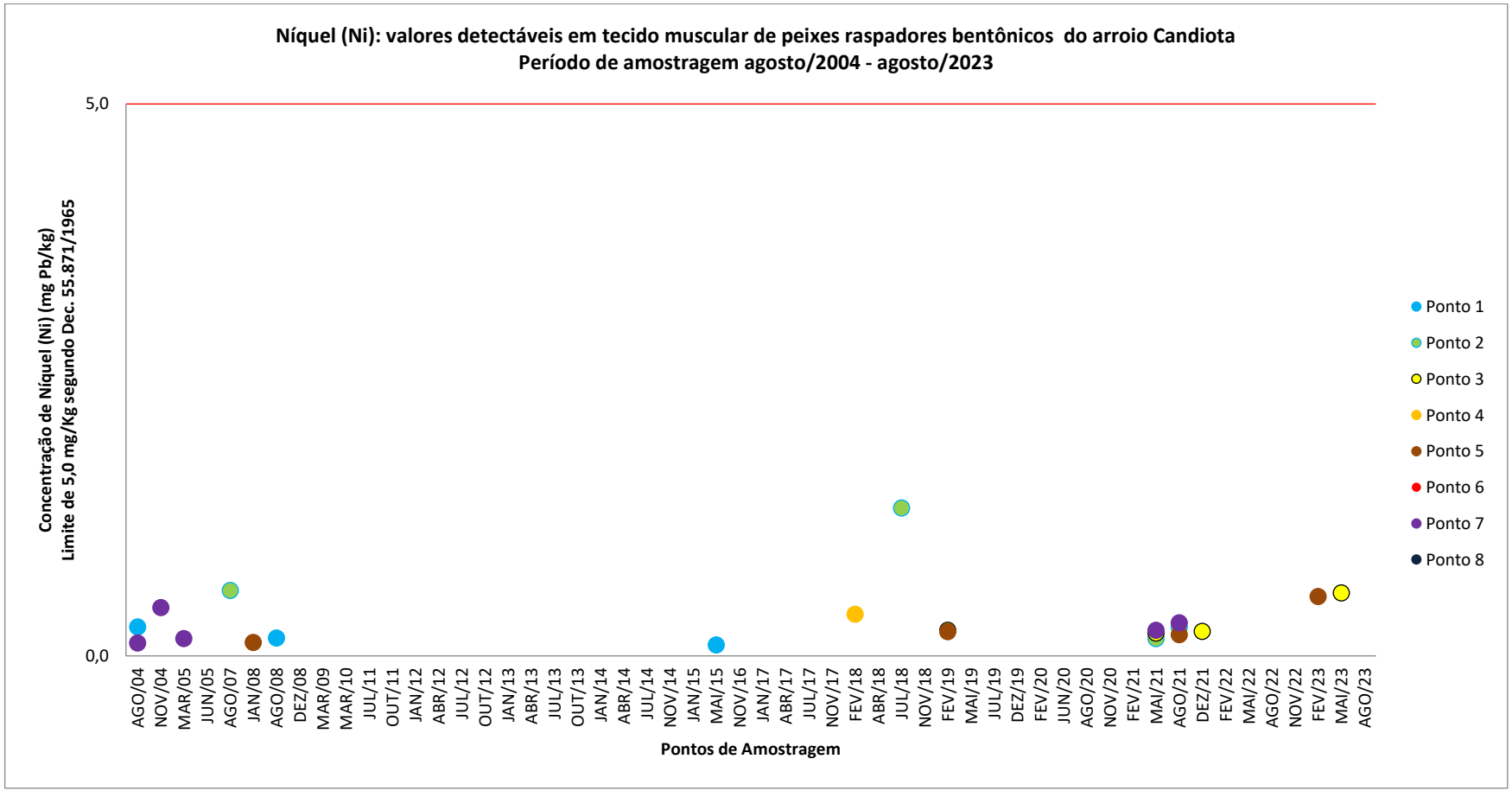
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 212 - Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 213 - Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS

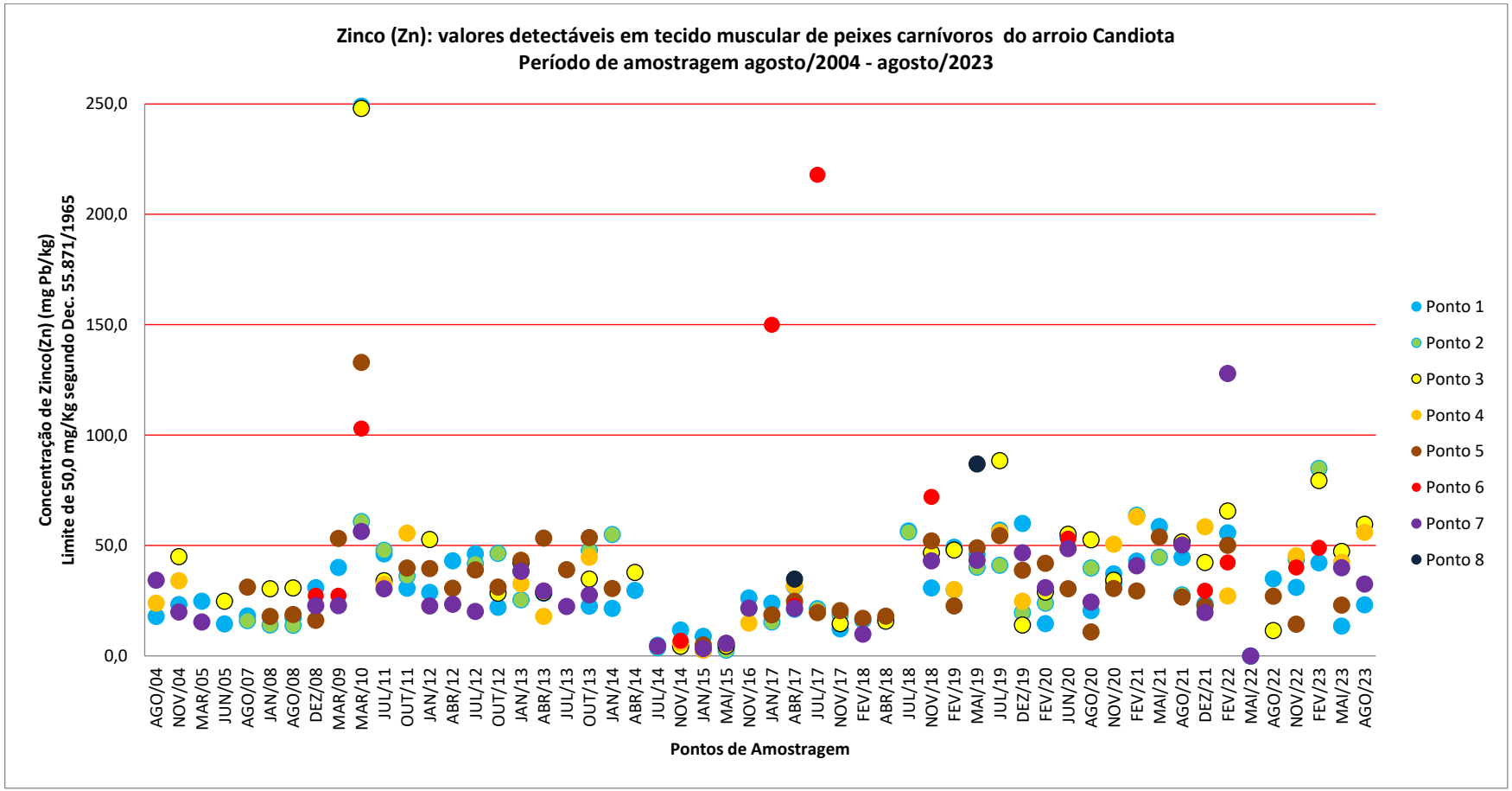


Zinco (Zn)

O Zinco é encontrado em concentrações detectáveis em 100% das amostras sendo o elemento mais comumente encontrado em peixes de todos os níveis tróficos. Cento e quarenta e três amostras apresentaram concentrações acima do Limite Máximo de tolerância (LMT) conforme estabelecido pela RDC ANVISA 722/2022.

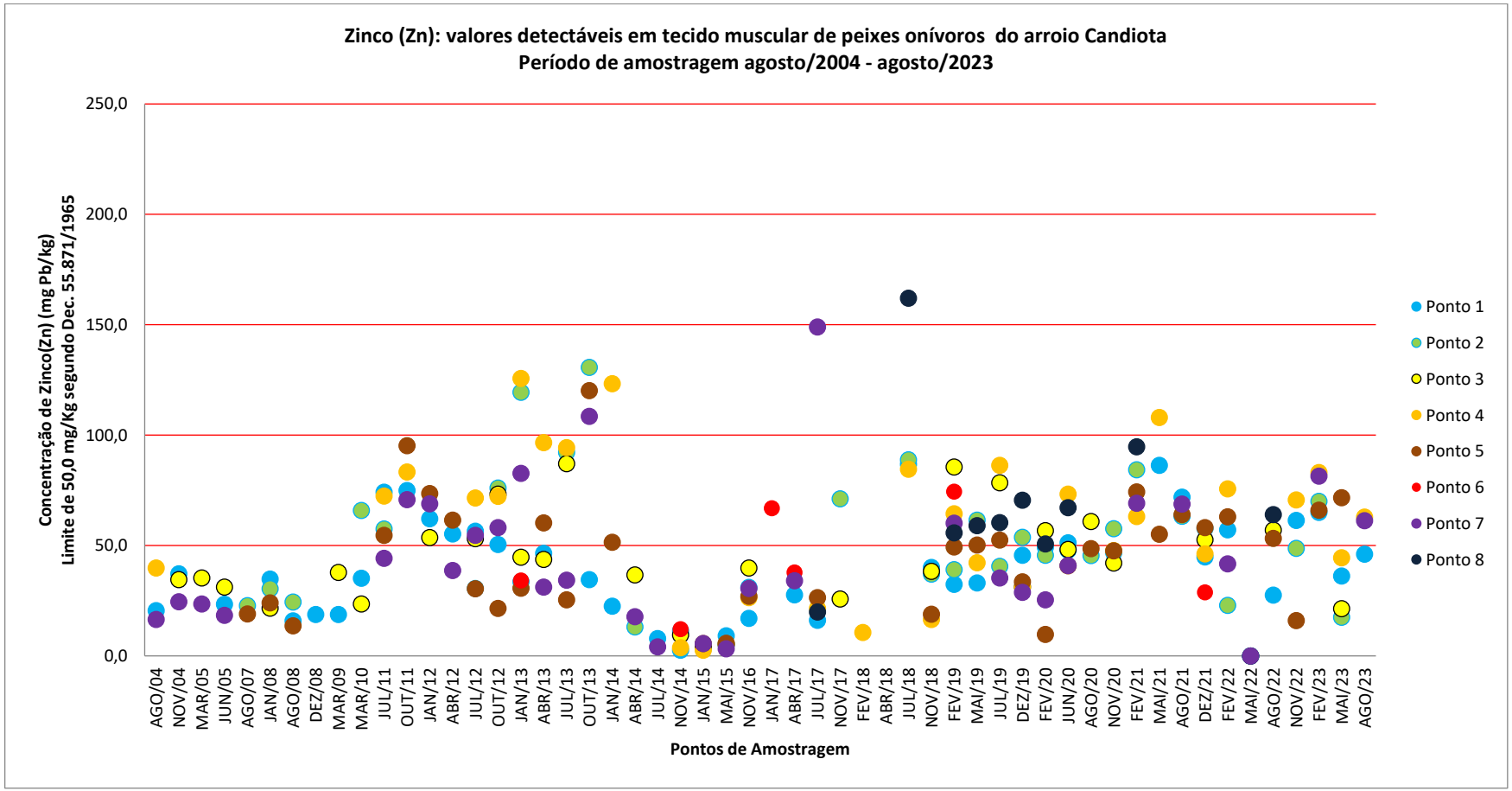
A maior incidência de valores elevado de Zinco é registrada entre os peixes onívoros (Figuras 214, 215 e 216).

Figura 214 - Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



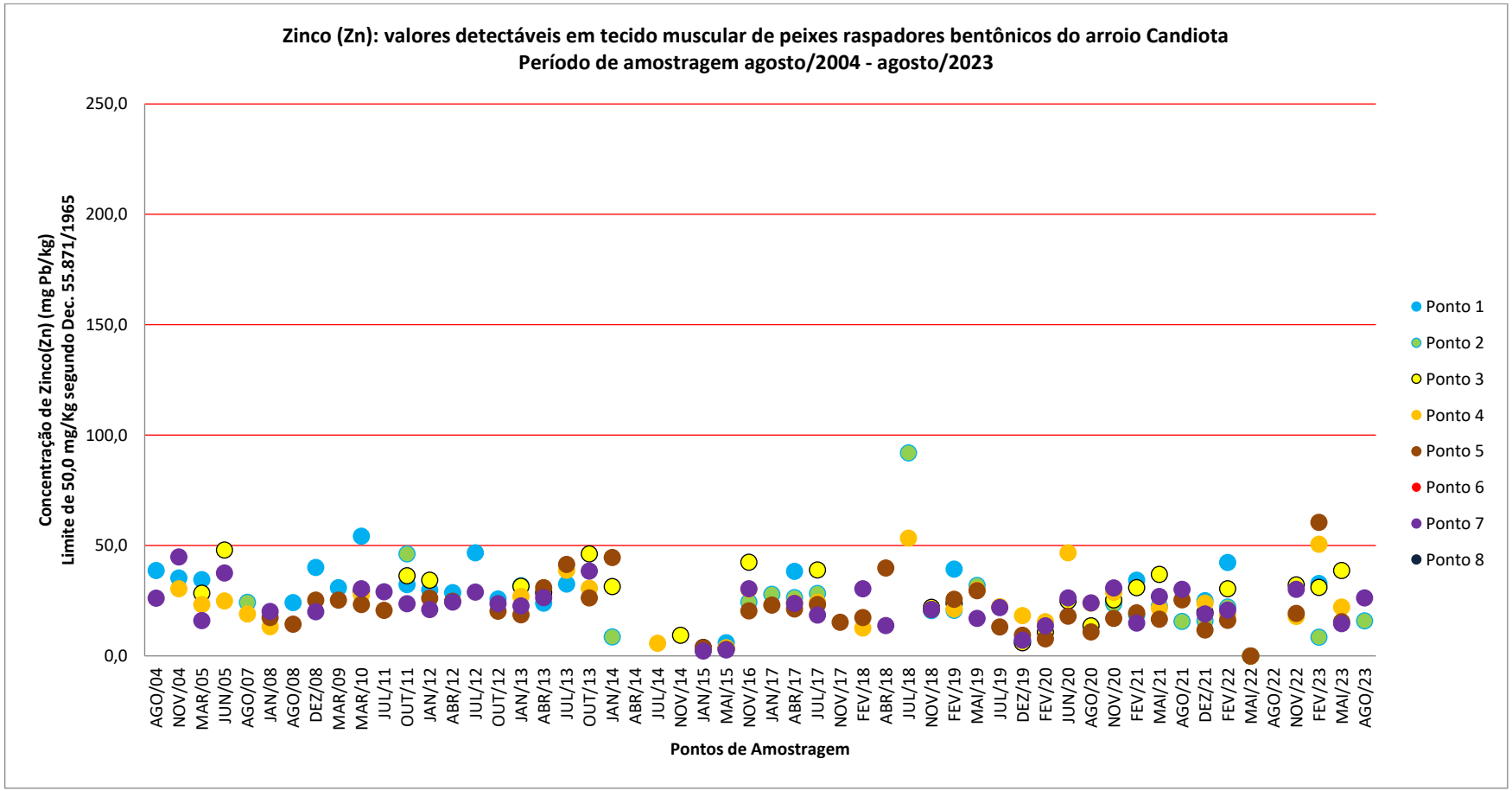
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 215 - Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 216 - Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS



Todos os elementos analisados foram registrados em níveis detectáveis nos três grupos tróficos estudados sendo os elementos mais frequentemente encontrados nas amostras analisadas foram o Zinco, o Manganês e o Mercúrio.

Os registros seguem sendo feitos regularmente desde o início do monitoramento (Figuras Zn 42 – 44; Hg 38 – 36; Mn 33 – 35; Cu 27 - 29).

Com relação ao mercúrio (Hg) há uma estruturação de contaminação linear de biomagnificação na cadeia trófica sendo menor e menos frequente nos peixes raspadores bentônicos, intermediária nos onívoro e maior e mais frequente nos peixes carnívoros.

Com relação ao Zinco e ao Manganês as análises apontam níveis mais críticos de contaminação entre os onívoros (lambaris). Quanto ao Cobre, valores detectáveis são registrados quase de maneira equânime entre carnívoros e onívoros com uma leve redução de registros entre os raspadores bentônicos. No entanto, apenas dois registros de concentração acima do LMT foram feitos até o momento.

Os resultados obtidos no período 2016/2017 mostram um cenário distinto em relação ao Cobre (Cu) em todos os níveis tróficos. A despeito de não apresentar concentrações acima do limite de segurança estabelecido pelo Dec. 55.871/1965, nos três níveis tróficos e em todos os locais adotados no monitoramento a presença de cobre no músculo dos peixes apresentou-se em níveis mais elevados que aqueles observados na série histórica de monitoramento.

A pesca na região de monitoramento do arroio Candiota é essencialmente recreacional não sendo de nosso conhecimento a exploração de subsistência desse recurso. No entanto, devido ao conjunto de registros de concentrações detectáveis de elementos-traço e metais pesados e, especialmente ***as elevadas concentrações registradas para mercúrio na carne de peixes carnívoros como traíras e brancas (Oligosarcus* sp.*), do Arsênio nos cascudos e mais recentemente o significativo aumento de amostras contaminadas com cromo em todos os níveis tróficos e em toda a rede de monitoramento, alerta-se para a necessidade de uma ação no sentido de informar a população para o risco à saúde representado pelo consumo da carne dos peixes do arroio Candiota, mesmo que de maneira esporádica, na medida em que os metais encontrados são cumulativos no organismo***.

Outra questão que deve ser melhor analisada pelo órgão ambiental é que a região de estudo é a porção superior da bacia hidrográfica do rio Jaguarão e o arroio Candiota é um importante afluente formador desse rio que escoa suas águas, na foz, junto a Lagoa Mirim. De

acordo com Pieve e colaboradores (2009) em Jaguarão, existem duas organizações de pescadores, a Colônia de Pescadores Z-25 (66,7%) e o Sindicato dos Pescadores (26,6%) e 6,7% dos pescadores declararam não fazer parte de nenhuma dessas organizações. Em Jaguarão 79,7% dos entrevistados vivem exclusivamente da pesca enquanto os outros aproximadamente 20% dividem suas fontes de renda entre atividades formal e informalmente realizadas como funcionalismo público, carpintaria, pintura e limpeza de casas ou aposentadoria (Pieve *et al.*, 2009). ***Os dados encontrados no monitoramento abrem questionamento para a possibilidade de propagação da contaminação encontrada no arroio Candiota para as porções de jusante, no rio Jaguarão onde existe a atividade de pesca comercial e de subsistência.***

2.6.5.9. Bibliografia

BOWEN, H.J.M. 1979. Environmental Chemistry of the Elements.

BRUSCHI Jr, W.; MALABARBA, L.R. & SILVA, J.F.P. 2000. Avaliação da qualidade dos riachos através das taxocenoses de peixes. Em: Carvão e Meio Ambiente / Centro de Ecologia / UFRGS. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

FONTOURA, N.F.; REIS, R.E.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; MANSUR, M.C.D.; STRECK, C.D.; HOFFMANN, M.A. & TEIXEIRA, E.C. 2004. Efeito da contaminação aquática sobre a riqueza específica e distribuição de fauna em áreas que sofrem influência das atividades do processamento de carvão – Região de Candiota – RS. In: Estudos Ambientais em Candiota: Carvão e seus impactos. Porto Alegre, 2004, p. 143-154.

PIEVE, S.M.N.; KUBO, R.R. & COELHO-DE-SOUZA, G. 2009. Pescadores da Lagoa Mirim: etnoecologia e resiliência – Brasília: MDA, 2009. 244p.

3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO PARA O AMBIENTE TERRESTRE

Para este ambiente estão considerados os compartimentos: flora, avifauna, herpetofauna, bioindicadores da qualidade do ar e bioindicadores da atividade pecuária.

3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A localização das Estações Amostrais do Monitoramento do Ambiente Terrestre está apresentada no Quadro 204.

Quadro 204 - Localização das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Terrestre

Estação Amostral	Coordenadas do Ponto	Denominação
EA 1	UTM 262163 / 6503935	Fazenda Serra da Veleda (EA de referência)
EA 2	UTM 241561 / 6501179	Fazenda Três Lagoas
EA 3	UTM 243736 / 6510363	Fazenda Candiota
EA 4	UTM 248153 / 6509846	Nordeste - Chácara Santa Clara
EA 5	UTM 249292 / 6503784	Sudeste – Fazenda Santa Rita

Para efeito da localização exata das estações amostrais em campo, foi considerada uma área amostral real de até 1.000 metros de raio no entorno dessas coordenadas UTM.

A direção das cinco estações de monitoramento do ambiente terrestre em relação à Usina Termelétrica Presidente Médici em Candiota e o objetivo das estações estão apresentados no Quadro 205.

Quadro 205 - Estações amostrais da Rede de Monitoramento para o Ambiente Terrestre.

EA	Localização	Objetivo
1	Direção leste a partir da Usina	Avaliar o background da região
2	Direção sudoeste a partir da Usina	Avaliar a contribuição direta da fonte de emissão sobre o ecossistema terrestre na direção predominante do vento
3	Direção noroeste a partir da Usina	Avaliar a contribuição direta da fonte de emissão na direção predominante secundária do vento
4	Direção nordeste a partir da Usina	Avaliar o impacto sobre o ecossistema terrestre na direção nordeste
5	Direção sudeste a partir da Usina	Validar a estação de referência

Para o monitoramento ambiental dos bioindicadores da qualidade do ar através de bioindicacão vegetal, a Rede de Monitoramento para o Ambiente Terrestre foi ampliada com as estações apresentadas no Quadro 206 e Quadro 207.

Quadro 206 - Localização das Estações Amostrais Complementares da Rede de Monitoramento Ambiental para o Biomonitoramento da Qualidade do Ar.

EA	Latitude	Denominação
6*	UTM 242441 / 650646	Dário Lassance
7	UTM 236572 / 6500000	Assentamento São José
8	UTM 244070 / 6504011	AFUCAN
9	UTM 246406 / 6516544	Vila Operária
11	UTM 232580/6492372	8 de agosto
12	UTM254050/6486674	Pedras Altas

* somente monitoramento ativo

Quadro 207 Estações amostrais Complementares da Rede de Monitoramento Ambiental para o Biomonitoramento da Qualidade do Ar.

EA	Localização	Objetivo
6	Direção noroeste a partir da Usina	Avaliar a contribuição direta da fonte de emissão na direção predominante secundária do vento
7 e 8	Direção sudoeste a partir da Usina	Avaliar a contribuição direta da fonte de emissão sobre o ecossistema terrestre na direção predominante do vento
9	Direção norte a partir da Usina	Avaliar a qualidade do ar em área residencial nas proximidades da usina.
11	Direção sudoeste a partir da Usina	Avaliar a distância máxima de influência das emissões da usina na direção predominante do vento.
12	Direção sudeste a partir da Usina	Avaliar o background da região em comparação aos dados da estação de monitoramento automático localizada no município de Pedras Altas junto a esta estação de amostragem.

A localização Rede de Monitoramento para o Ambiente Terrestre está apresentada na Figura 217, complementada pela Figura 218.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 217 - Distribuição das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Terrestre

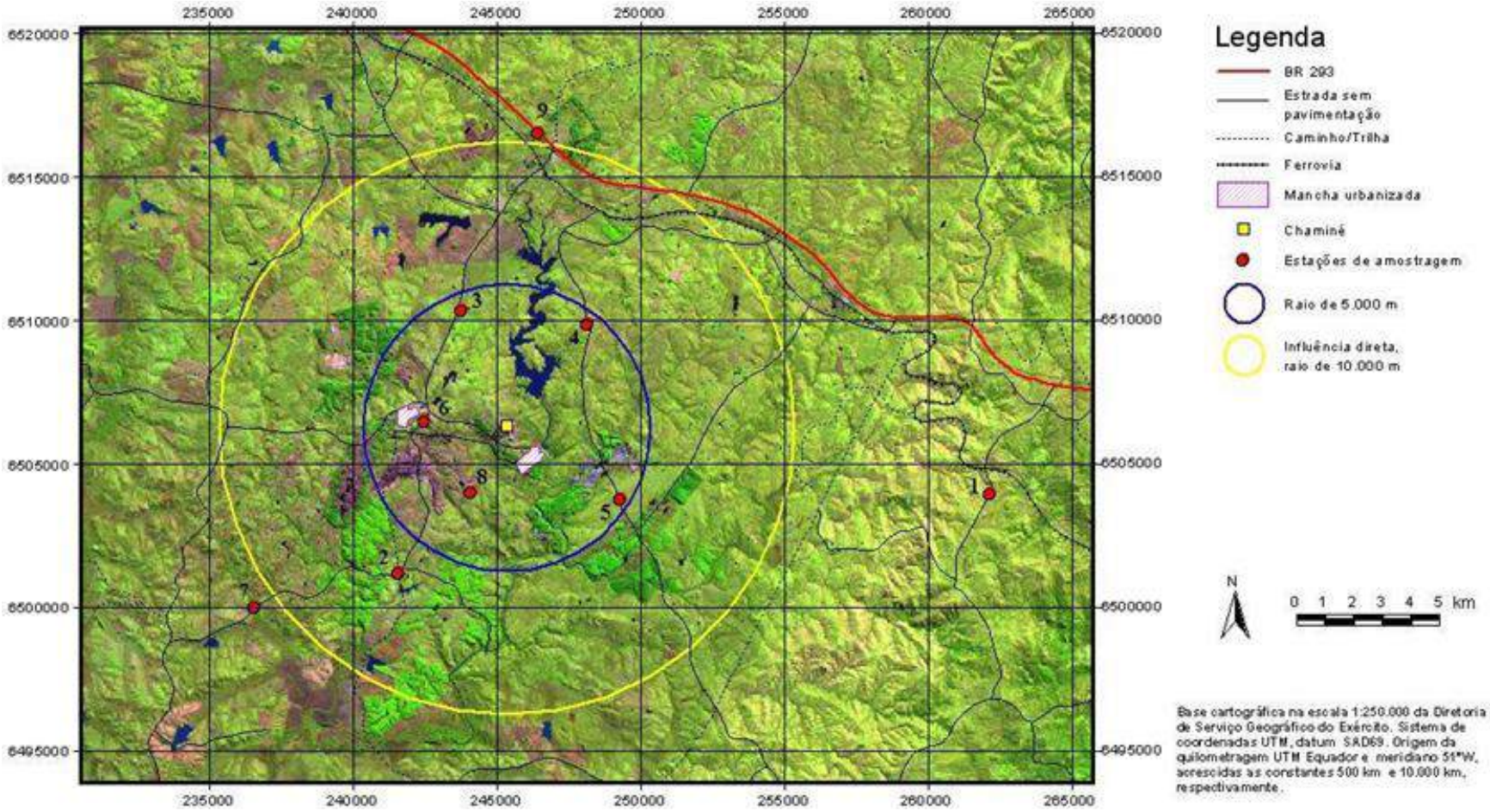
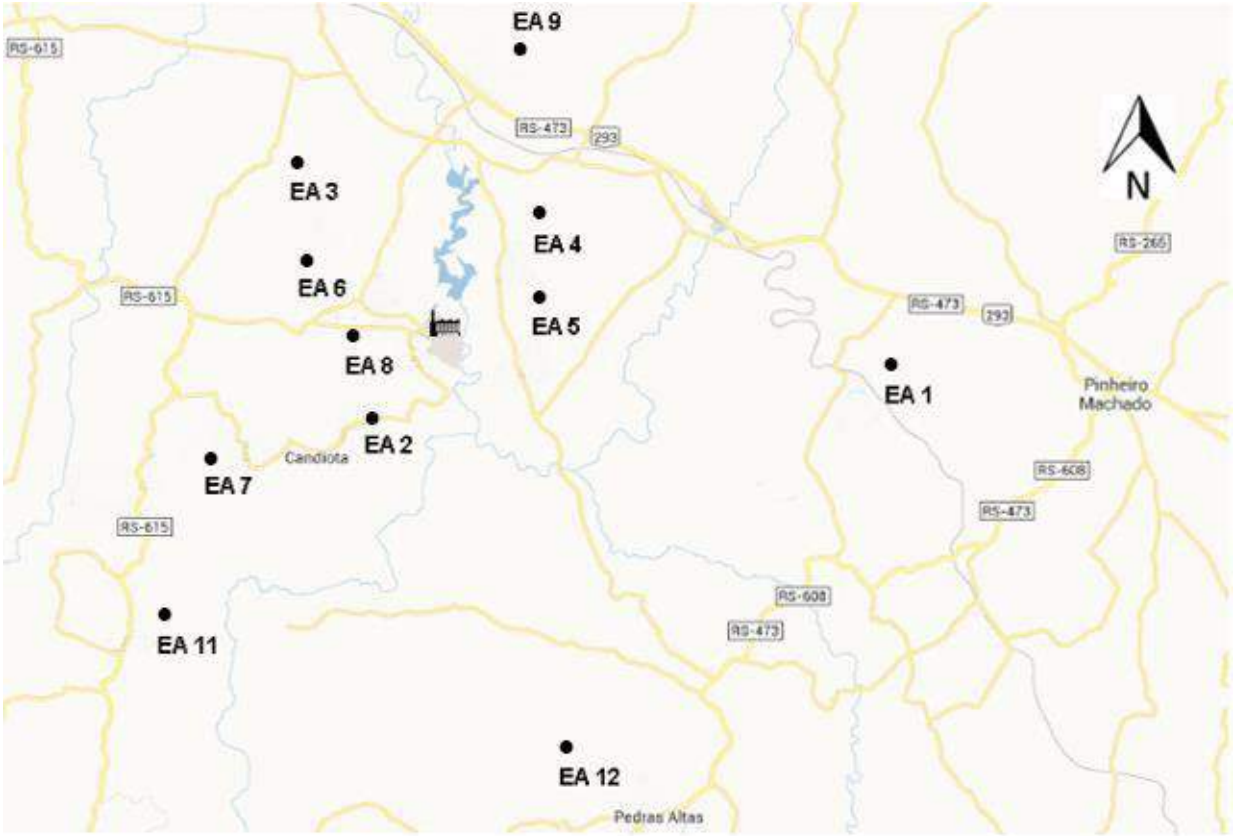


Figura 218 - Localização das estações de amostragem (EAs). Os ícones representam a localização do ponto de amostragem e onde foram tomadas as imagens com as coordenadas geográficas



3.2. MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO

Responsável técnico**:** Paulo Luís de Oliveira - CRBio nº 017220 e Rogério Both - CRBio nº 34219.

No presente relatório, são apresentados os resultados das atividades de quatro campanhas em cinco propriedades rurais (Estações Amostrais - EAs), conforme previsto no projeto de monitoramento ambiental da CGTEletrosul. As campanhas foram realizadas nos meses de novembro de 2022 (campanha de primavera), fevereiro de 2023 (campanha de verão), maio de 2023 (campanha de outono) e setembro de 2023 (campanha de inverno), sendo amostradas as comunidades vegetais campestres, com os seguintes objetivos:

Examinar a composição florística e a estrutura das comunidades, mediante o emprego de parâmetros fitossociológicos.

Identificar a presença de espécies em extinção, de espécies exóticas e de espécies exóticas invasoras.

Verificar a possibilidade de ocorrência de alterações na vegetação, em decorrência de influências climáticas, de ações antrópicas e de atividades relacionadas à CGTEletrosul.

Estabelecer uma classificação das EAs, por meio da ponderação de critérios florísticos e fitossociológicos, bem como a presença de espécies exóticas, espécies exóticas invasoras e ação antrópica.

3.2.1. Métodos

3.2.1.1. Amostragem

Foram efetuados levantamentos florísticos nas cinco EAs previstas no projeto: EA1 (Fazenda Serra do Veleda), EA2 (Fazenda Três Lagoas), EA3 (Fazenda Candiota), EA4 (Chácara Santa Clara) e a EA5 (Fazenda Santa Rita). A EA1, situada no município de Pinheiro Machado, é a estação de referência; as demais EAs localizam-se no município de Candiota.

Para cada EA, foi estabelecido um transecto, norteador da execução dos levantamentos florísticos, com localização permanente. Apenas na EA2 (Fazenda Três Lagoas) houve necessidade de uma alteração no local de amostragem, pois no final de 2016 a área até então escolhida para monitoramento foi utilizada para monocultura de soja. O transecto foi, então, transferido para uma área adjacente, na mesma propriedade e ainda com cobertura vegetal

campestre nativa. Ao longo do ano de 2018, com a não continuidade do cultivo de soja, constatou-se uma lenta e gradual reconstituição natural da vegetação campestre nativa, o que possibilitou o retorno da atividade de amostragem ao seu local original.

No período referente ao presente monitoramento, foram realizadas quatro campanhas, a saber: primavera, verão, outono e inverno. Esse procedimento amostral visa verificar a dinâmica vegetacional quanto à composição florística e à estrutura ao longo de um período de doze meses. A sazonalidade pretendida à amostragem da vegetação busca comparar a cobertura vegetal em cada estação do ano. Por este motivo, a escolha das datas de amostragem recai, preferencialmente, no período central de cada estação do ano.

Para a realização dos inventários florísticos empregou-se a técnica de parcelas de 0,25 m^2, distribuídas alternadamente ao longo de um transecto disposto na área de campo amostrada (Figura 219). Em cada uma das EAs, utilizaram-se 38 parcelas (figura 220).

Figura 219 - Parcelas amostrais em uma área de campo

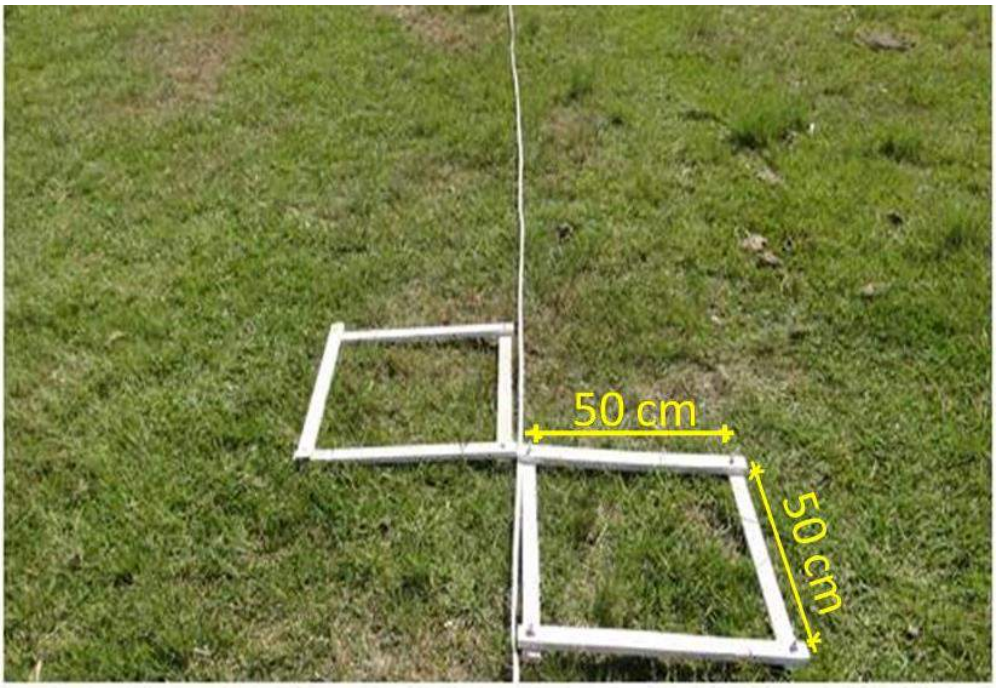
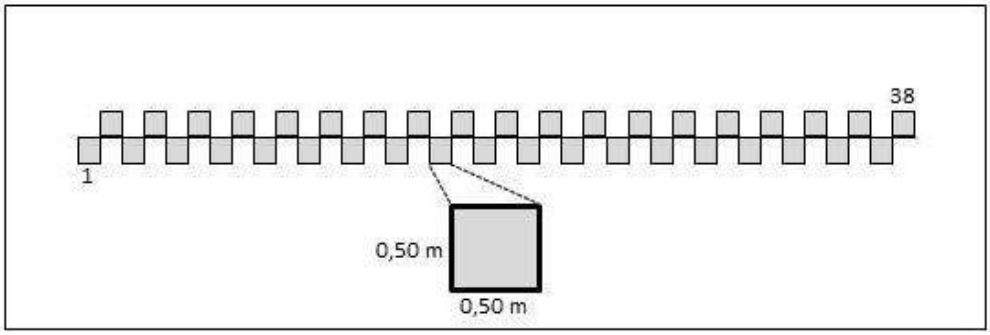
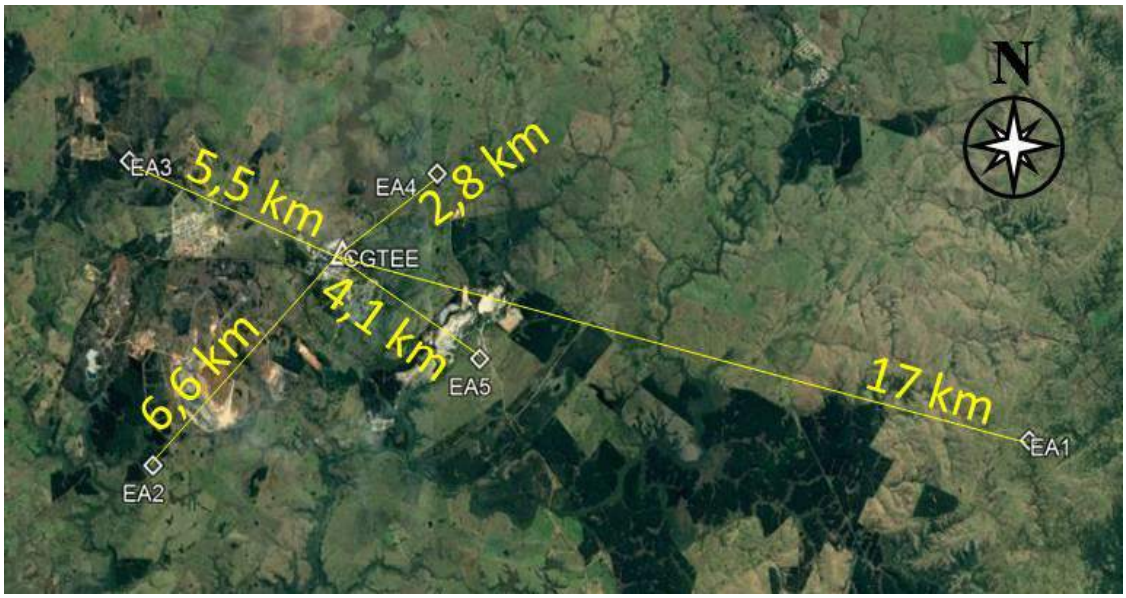


Figura 220 - Representação esquemática mostrando a distribuição espacial das 38 parcelas amostrais ao longo do transecto



A distribuição espacial das cinco diferentes EAs em relação à Usina Termelétrica Presidente Médici, da CGTEE, é apresentada na Figura 221.

Figura 221 - Localização das cinco diferentes EAs em relação à Usina Termelétrica Presidente Médici da CGTEE, com as respectivas distâncias em quilômetros.



As Figuras 222 a 226 apresentam a localização de cada um dos transectos, nas respectivas EAs.

Figura 222 - Localização do transecto amostral na EA1 – Fazenda Serra do Veleda

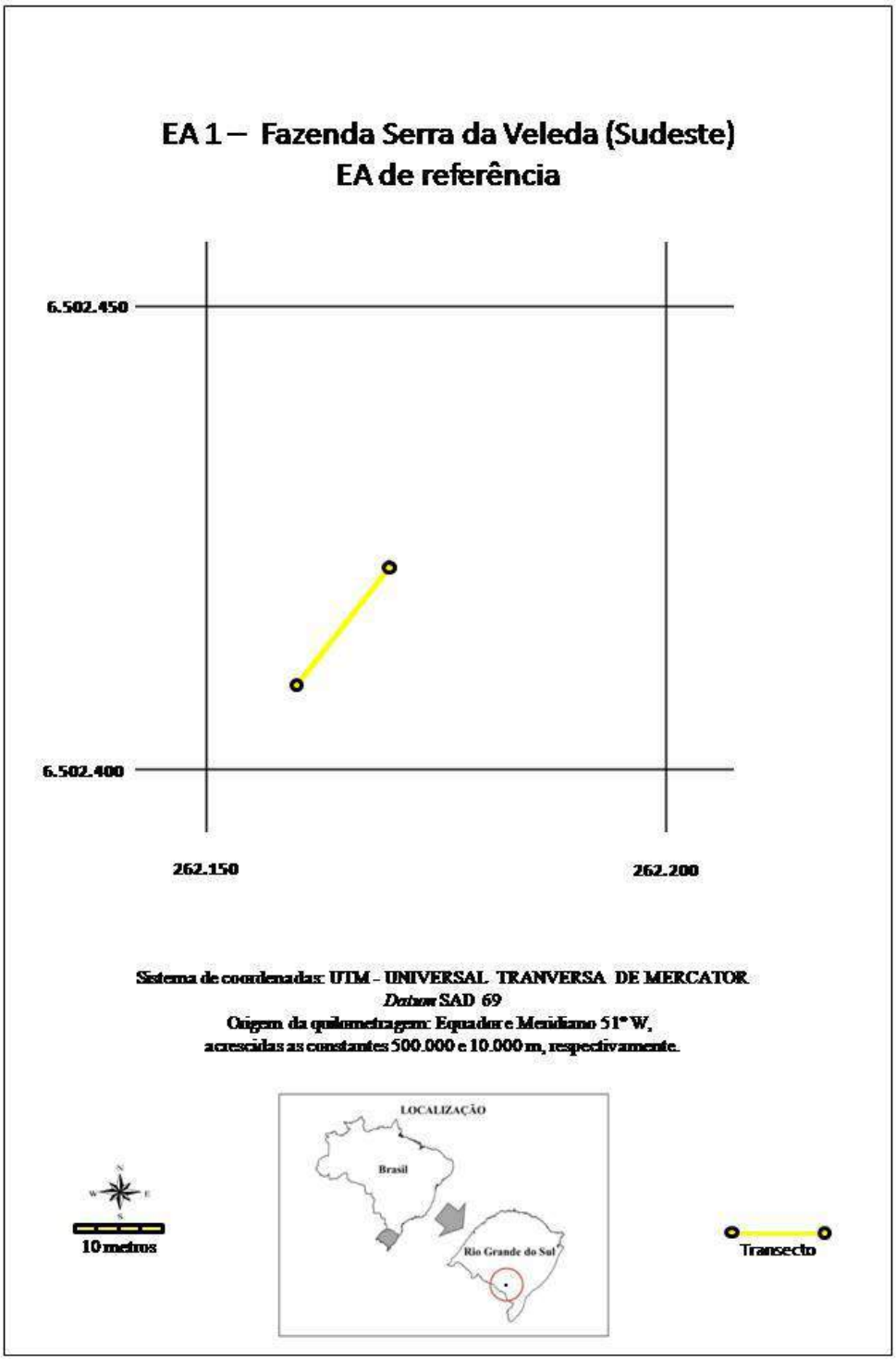


Figura 223 - Localização do transecto amostral na EA2 – Fazenda Três Lagoas

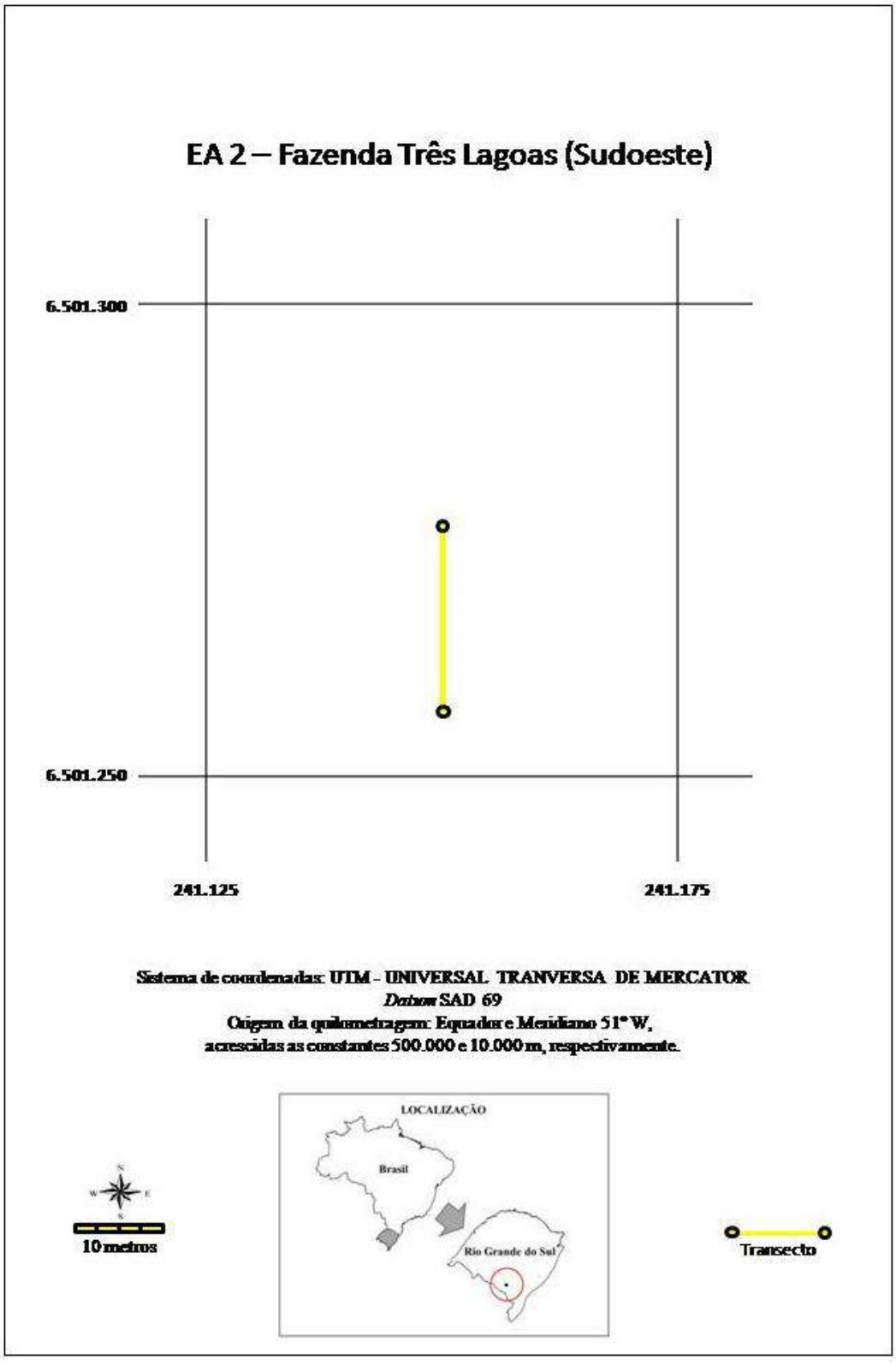


Figura 224 - Localização do transecto amostral na EA3 – Fazenda Candiota.

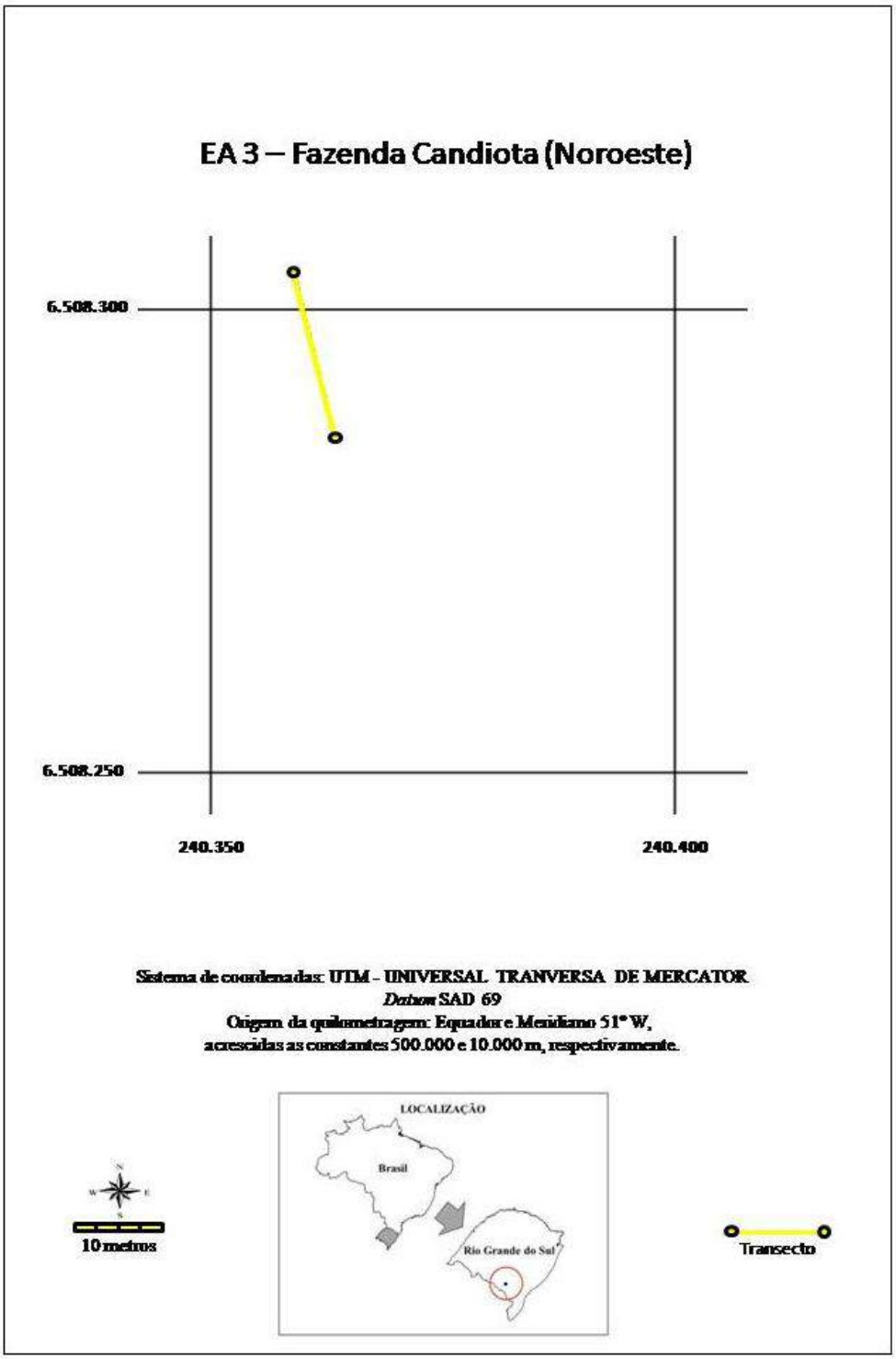


Figura 225 - Localização do transecto amostral na EA4 – Chácara Santa Clara

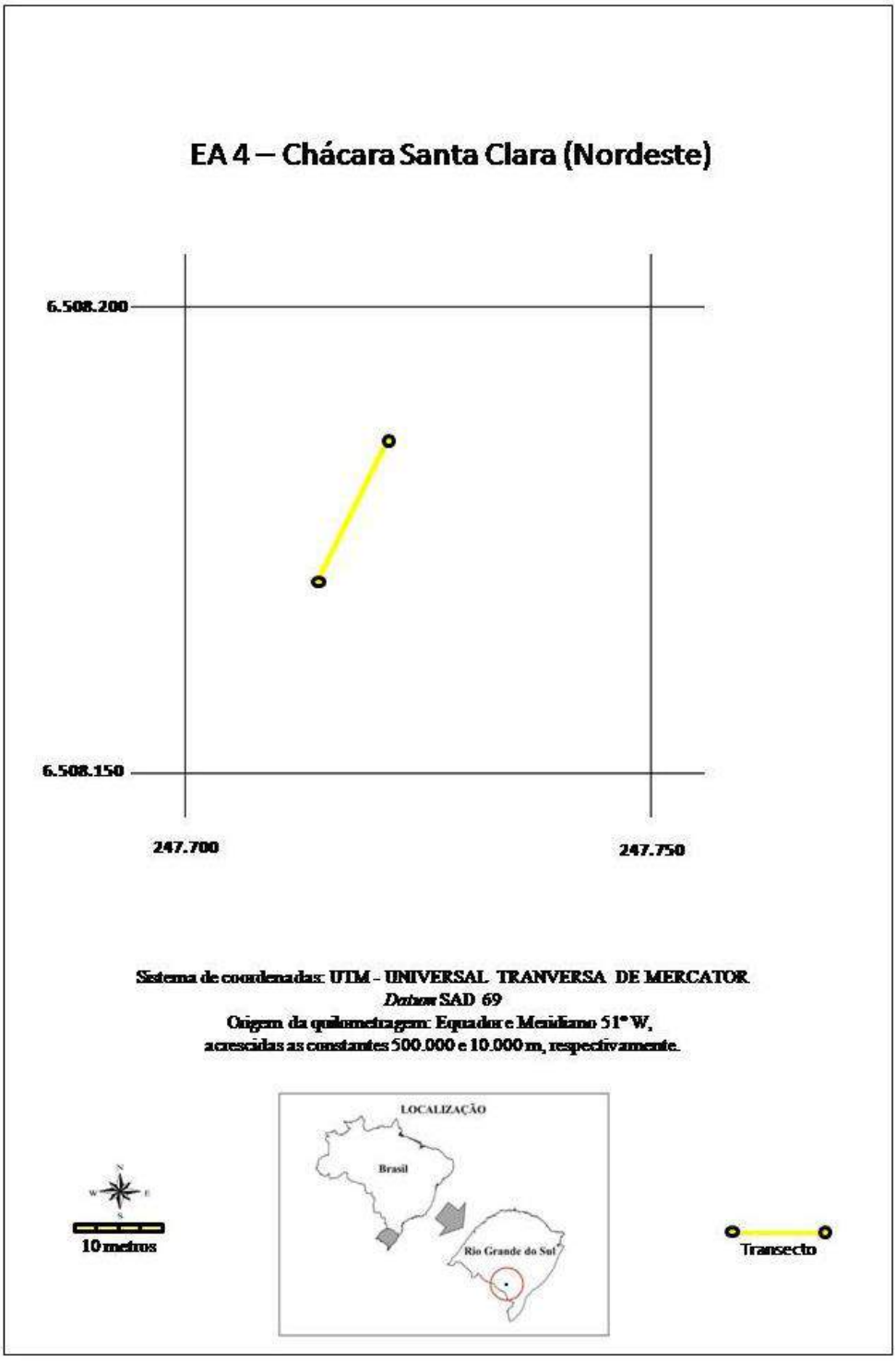
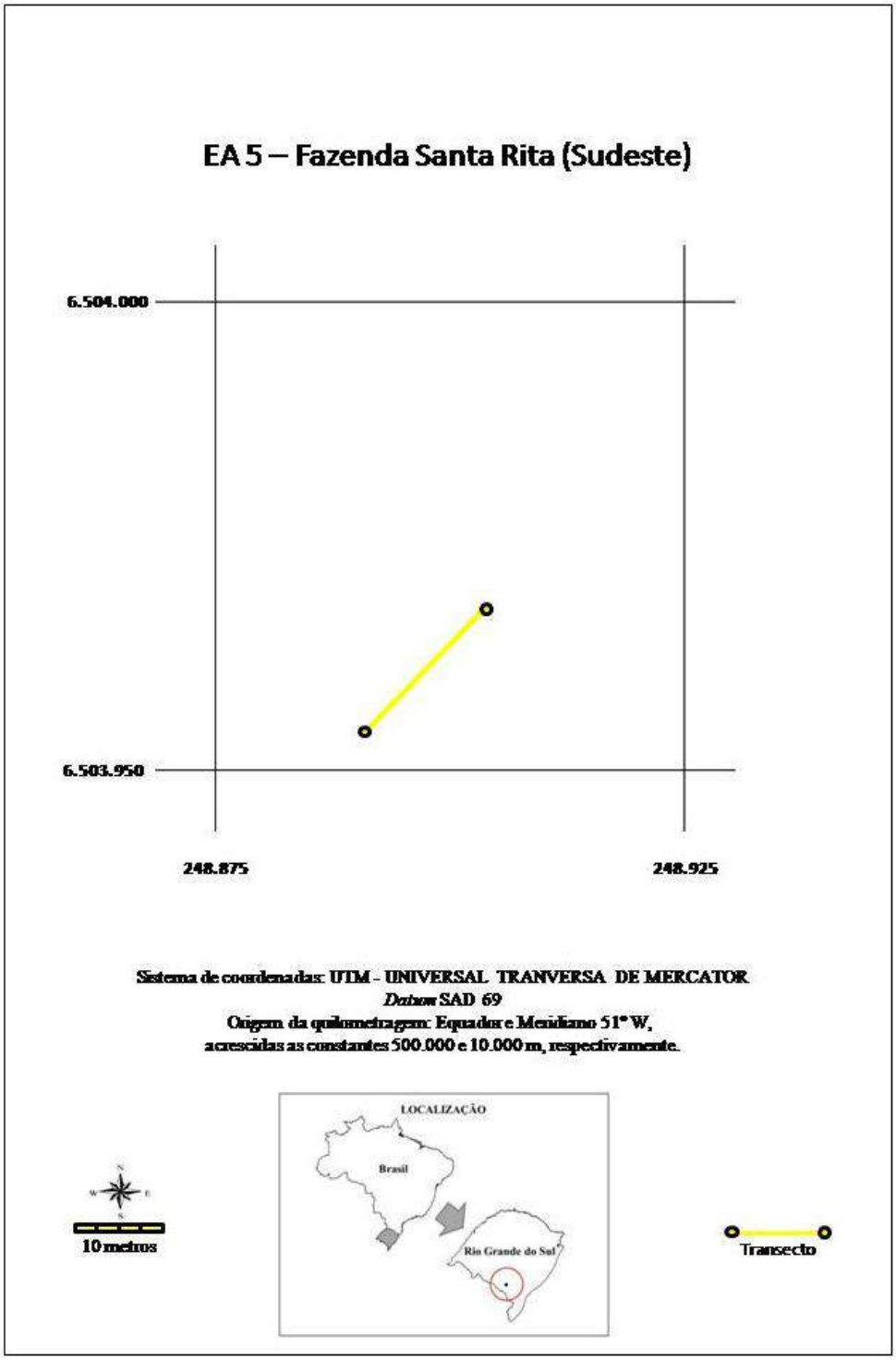


Figura 226 - Localização do transecto amostral na EA5 – Fazenda Santa Rita



3.2.1.2. Levantamento florístico

Os espécimes botânicos foram identificados mediante consultas de material de herbário e publicações especializadas, principalmente sobre florística e taxonomia. Para as identificações botânicas, foi seguido o sistema de classificação APG (Angiosperm Phylogeny Group).

Em todas as campanhas (de novembro de 2022 a setembro de 2023), em todas as parcelas das EAs, além da identificação e registro das espécies ocorrentes (riqueza de espécies), foi estimado o grau de cobertura do solo de cada uma delas. A cobertura é um parâmetro fitossociológico que possibilita estimar a abundância da espécie considerada em relação à área estabelecida. A técnica empregada foi a de Braun-Blanquet (modificada), sendo adotadas seis classes de cobertura: **r** (até 1% de cobertura), **1** (de 1 a 12,5%), **2** (12,5-25%), **3** (25-50%), **4** (50-75%) e **5** (75-100%).

3.2.2. Procedimento analítico

Para cada espécie registrada no levantamento fitossociológico, foram calculados os seguintes parâmetros: a cobertura absoluta (CA), a frequência absoluta (FA), a cobertura relativa (CR), a frequência relativa (FR) e o valor de importância (VI), segundo Moeller-Dombois & Ellenberg (1974):

A **Cobertura Absoluta** (CA) é o somatório dos percentuais de cobertura da espécie *i*. Para o cálculo da cobertura absoluta, o percentual utilizado de cada variável (espécie *i*) foi o valor médio do intervalo da classe a qual pertence: “r” = 0,1%; “1” = 6,5%; “2” = 18,75%; “3” = 37,5%; “4” = 62,5% e “5” = 87,5%.

A **Frequência Absoluta** (FA) é obtida pela seguinte equação: $FA = (UA_i / UA_t) \times 100$, onde: UA_i = número de unidades amostrais onde a espécie *i* ocorre; UA_t = número total de unidades amostrais.

A **Cobertura Relativa** (CR) é obtida pela equação: CR = (CA da espécie *i* / somatório de todas CA) × 100.

A **Frequência Relativa** (FR) é obtida pela equação: FR = (FA da espécie *i* / somatório de todas FA) × 100.

O Valor de Importância (VI): é obtido pela equação: VI = (CR + FR) / 2.

Em cada área, foram avaliadas a riqueza de espécies, a diversidade específica (H' de Shannon), a equabilidade (J' de Pielou) e diversidade (D de Simpson), com base nos valores de frequência das espécies nas parcelas.

No presente estudo fitossociológico das comunidades campestres das cinco estações de amostragem (EAs), foram analisados os dados das campanhas de primavera e outono (novembro de 2022 e maio de 2023, respectivamente).

3.2.3. Resultados e comentários

3.2.3.1. Composição florística

Os resultados dos inventários florísticos das quatro campanhas, nas cinco EAs, estão expostos no Quadro 208.

Quadro 208 - Espécies vegetais presentes em comunidades campestres nas cinco EAs amostradas

Família	Espécie	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Acanthaceae	*Stenandrium dulce* (Cav.) Nees			1-3-4		
Amaranthaceae	*Pfaffia tuberosa* (Spreng.) Ricken	2-3			1	
Amaranthaceae	*Gomphrena* sp.	1-2		1-4		
Amaryllidaceae	*Beauverdia* sp.	4				
Amaryllidaceae	*Nothoscordum montevidense* Beauverd				3	4
Apiaceae	*Bowlesia incana* Ruiz & Pav.			4		1
Apiaceae	*Cyclospermum leptophyllum* Sprague ex Britton & P. Wilson	1	1	1	1	1-4
Apiaceae	*Eryngium horridum* Malme	1-3		1-2-3-4	1-2-3	1-4
Apiaceae	*Eryngium nudicaule* Lam.	1-3	1-3		4	
Araliaceae	*Hydrocotyle pusilla* A. Rich.	1		4		
Asteraceae	*Acanthostyles buniifolius* (Hook. & Arn.) R. M. King & H. Rob		1-2-4	1-2-3-4	2	
Asteraceae	*Aspilia montevidensis* (Spreng.) Kuntze	1-2-4		1-2-3-4		
Asteraceae	*Baccharis coridifolia* DC.			2	1	1
Asteraceae	*Baccharis crispa* Spreng.				1	1
Asteraceae	*Baccharis dracunculifolia* DC.			4		
Asteraceae	*Chaptalia exscapa* (Pers. Baker	3-4		1-3	4	

Asteraceae	*Chaptalia integerrima* (Vell.) Burkart	1-4	4	3-4	1-3-4	
Asteraceae	*Chaptalia piloselloides* (Vahl) Baker	4	3	1-3-4	1-3-4	
Asteraceae	*Chaptalia runcinata* Kunth			4		
Asteraceae	*Chevreulia acuminata* Less.	2-4	4	4	4	
Asteraceae	*Chevreulia sarmentosa* (Pers.) Baker	1-3-4	1	1-2-3-4	1-4	1-4
Asteraceae	*Cirsium vulgare* (Savi) Tem		4			1-4
Asteraceae	*Conyza bonariensis* (L.) Cronquist var *angustifolia*		3-4	4		
Asteraceae	*Conyza bonariensis* (L.) Cronquist	1	1-4	3		
Asteraceae	*Elephatopus mollis* Kunth	1-3-4	1-4	1-4	4	1
Asteraceae	*Facelis retusa* (Lam.) Sch. Bip.	1-3-4	1-3-4	1-3-4	1-3-4	1
Asteraceae	*Gamochaeta americana* (Mill.) Wedd.	1	1-4	1	1-4	
Asteraceae	*Gamochaeta coarctata* (Willd.) Kerguélen		3	3	1	1
Asteraceae	*Gamochaeta stachydifolia* (Lam.) Cabrera			1	1	
Asteraceae	*Hypochaeris albiflora* (Kuntze) Azevêdo-Gonç. & Matzenb.		1-4			1
Asteraceae	*Hypochaeris glabra* L.	1-3	1-3-4	1-3	1	4
Asteraceae	*Hypochaeris megapotamica* Cabrera	1-3-4	3-4	1-3-4	3	
Asteraceae	*Hypochaeris microcephala* (Sch. Bip.) Azavêdo-Gonç. & Matzenb.		4			
Asteraceae	*Hypochaeris neopinnatifida* Azevêdo-Gonç. & Matzenb.	4		4		
Asteraceae	*Hypochaeris radicata* L.		1	4		
Asteraceae	*Lucilia nitens* Less.		3		1	
Asteraceae	*Micropsis dasycarpa* (Griseb.) Beauverd			1		
Asteraceae	*Noticastrum diffusum* Cabrera	2-3	3			
Asteraceae	*Senecio brasiliensis* (Spreng.) Less.			1		
Asteraceae	*Senecio heterotrichius* DC.		3			1
Asteraceae	*Senecio madagascariensis* Poir.	3	1-3-4	3-4	1-2-3-4	1-4
Asteraceae	*Senecio selloi* (Spreng.) DC.		4			
Asteraceae	*Solidago chilensis* Meyen		1-2-3	1-2-3		
Asteraceae	*Soliva anthemifolia* (Juss.) Sweet	1-3-4	1-3-4	1-3	1-3-4	1-3
Asteraceae	*Stenachaenium campestre* Baker		3	3		
Asteraceae	*Stenachaenium megapotamicum* (Spreng.) Baker	1-3	3		1	
Brassicaceae	*Lepidum bonariense* L.	1-4	4	1-4	4	1-4
Briófita	Musgo				4	
Campanulaceae	*Wahlenbergia linarioides* (Lam.) A. DC.		1			
Campanulaceae	*Triodanis perfoliata* (L.) Nieuwl.		1	1		

Caryophyllaceae	*Cerastium glomeratum* Thuil	1	1-3-4	1	1-4	1-4
Caryophyllaceae	*Cerastium humifusum* Cambess. ex A. St.-Hil.		1-4		1-3-4	3
Caryophyllaceae	*Stellaria media* (L.) Vill.					4
Convolvulaceae	*Dichondra sericea* Sw.	1-2-3-4	1-3-4	1-3-4	1-2-3-4	1-3-4
Convolvulaceae	*Evolvulus glomeratus* Nees & C. Mart.			4		
Convolvulaceae	*Evolvulus sericeus* Sw.	1-2-4		1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3
Cyperaceae	*Bulbostylis capillaris* (L.) C. B. Clarke	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4
Cyperaceae	*Bulbostylis juncoides* (Vahl) Kük. ex Herter		1			1-2-3
Cyperaceae	*Carex phalaroides* Kunth		1		1	
Cyperaceae	*Carex sororia* Kunth		1-3	1		1
Cyperaceae	cf. *Carex*			1		
Cyperaceae	*Cyperus aggregatus* (Willd.) Endl.			4		
Cyperaceae	*Cyperus brevifolius* (Rottb.) Endl. ex Hassk.				1	
Cyperaceae	*Cyperus luzulae* (L.) Retz.			1		
Cyperaceae	*Cyperus obtusatus* (J. Presl & C. Presl) Mattf & Kük		3			
Cyperaceae	*Cyperus reflexus* Vahl		1-3	3		
Cyperaceae	*Cyperus rigens* J. Presl & C. Presl	3		2		
Cyperaceae	*Cyperus sesquiflorus* (Torr.) Mattf. & Kük	1-2-3	3		3	3
Fabaceae	*Desmodium incanum* DC.	1-2-3	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3
Fabaceae	*Galactia marginalis* Benth.				2	
Fabaceae	*Mediacgo arabica* (L.) Huds.		4			
Fabaceae	*Stylosanthes leiocarpa* Vogel				2	
Fabaceae	*Trifolium polymorphum* Poir.	1-3	1	1-3	1	1
Hypoxidaceae	*Hypoxis decumbens* L.	1-4	1-3-4	1-3-4	1-3-4	1-4
Iridaceae	*Herbertia lahue* (Molina) Goldblatt	1-4	1-3-4	1-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4
Iridaceae	*Sisyrinchium micranthum* Cav.	1	1	1	1	1
Lythraceae	*Cuphea glutinosa* Cham. & Schltdl.	1-2	4	1-4	1	1
Lythraceae	cf. *Cuphea*			1		
Lamiaceae	*Glechon thymoides* Spreng.				4	
Lamiaceae	*Salvia procurrens* Benth.	2				
Lamiaceae	*Scutellaria racemosa* Pers.		1-3-4		1	1-4
Malvaceae	*Ayenia mansfeldiana* (Herter) Herter & Cristóbal		4			
Malvaceae	*Krapovickasia macrodon* (A. DC.) Fryxell	1				
Malvaceae	*Krapovickasia urticifolia* (A. St.- Hil.) Fryxell		4			

Malvaceae	*Sida rhombifolia* L.	3-4	1-2-3-4	1-3-4	1-3	1
Moraceae	*Dorstenia brasiliensis* Lam.	1-2-3-4				
Ophioglossaceae	*Ophioglossum crotalophoroides* Walter			4	3-4	
Oxalidaceae	*Oxalis bipartita* A. St.- Hil.	1-3			1-3	
Oxalidaceae	*Oxalis brasiliensis* G. Lodd.	1-2-3-4	1-3	1-3-4	1-3-4	1-3-4
Oxalidaceae	*Oxalis eriocarpa* DC.	1-3-4	3-4	1-3-4	3-4	1-3-4
Oxalidaceae	*Oxalis lasiopetala* Zucc.	4			1-	3
Oxalidaceae	*Oxalis refracta* A. St.- Hil.		4	1-4	4	4
Oxalidaceae	*Oxalis sellowiana* Zucc.	1-3-4	1-3-4	3-4	1-3	1-3-4
Plantaginaceae	*Mecardonia procumbens* (Mill.) Small				1-4	
Plantaginaceae	*Plantago myosuros* Lam.	1	1-4	1	1-4	4
Plantaginaceae	*Plantago tomentosa* Lam.	1	1-3-4	1		1-4
Plantaginaceae	*Plantago* sp.	1		1		
Plantaginaceae	*Scoparia dulcis* L.	1	3	1	1	1
Plantaginaceae	*Veronica arvensis* L.	4	4	4	4	4
Poaceae	*Andropogon ternatus* (Spreng.) Nees	1-2-3		3	2-3	1
Poaceae	*Aristida murina* Cav.			1-2		
Poaceae	*Axonopus affinis* Chase	1-2-3-4	1-2-3-4	1-	1-2-3-4	1-2-3
Poaceae	*Briza minor* L.		1	1		
Poaceae	*Cenchrus clandestinus* (Hochst ex Chiov.) Morrone	1-2-3-4	1-2-3-4	4	4	1-2-3-4
Poaceae	*Chascolytrum subaristatum* (Lam.) Desv.		1	1	1	1
Poaceae	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.		1-2-3-4			
Poaceae	*Dichanthelium sabulorum* (Lam.) Gould & C. A. Clark	1		1-3	1-2	
Poaceae	*Eleusine tristachya* (Lam.) Lam.	1-3	1-3	1-3		3
Poaceae	*Eragrostis neesii* Trin.	1		1-2		
Poaceae	*Eragrostis plana* Nees	2	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4
Poaceae	*Lolium multiflorum* Lam.					1-4
Poaceae	*Melica eremophila* Torres	1			1	1
Poaceae	*Mnesithea selloana* (Hack.) de Koning & Sosef	1-3		1	3	2
Poaceae	*Nassella megapotamica* (Spreng. ex Trin.) Barkworth	1-2		1		1
Poaceae	*Nassella neesiana* (Trin. & Rupr.) Barkworth	1				
Poaceae	*Paspalum conjugatum* P. J. Bergius					3
Poaceae	*Paspalum dilatatum* Poir.	3-4	1-4	3-4		4
Poaceae	*Paspalum notatum* Flügge	1-2-3-4	4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-3
Poaceae	*Paspalum pumilum* Nees	1-3	1-3-4	1-3-4		1

Poaceae	*Piptochaetium lasianthum* Griseb.			1		
Poaceae	*Piptochaetium montevidense* (Spreng.) Parodi	1-2-3-4	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1
Poaceae	*Poa annua* L.	1	4	4	4	1-4
Poaceae	*Saccharum angustifolium* (Nees) Trin.			1-4		
Poaceae	*Setaria parviflora*(Poir.) Kerguélen	3	3		3	
Poaceae	*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.	1-2-3	1-3	1-3	1	1-4
Poaceae	*Steinchisma decipiens* (Nees ex Trin.) W. V. Br.	1-3	3		1	
Poaceae	*Steinchisma hians* (Elliot) Nash.	2-3	4	1-2	1-3	1
Poaceae	*Vulpia bromoides* (L.) Gray	1-2	1			1-2
Poaceae	Poaceae 1 (nº 212)	3				
Poaceae	Poaceae 2 (nº 213)		4		4	
Polygalaceae	*Polygala puchella* A. St.- Hil. & Moq.	1-4		1-4	4	
Polygonaceae	*Rumex argentinus* Rech. f.	1				
Polygonaceae	*Rumex obtusifolius* L.					3-4
Primulaceae	*Lysimachia minima* (L.) U. Manns & Anderb.	3	4			
Rosaceae	*Aphane arvensis* L.		4			4
Rubiaceae	*Borreria dasycephala* (Cham. & Schltdl.) Bacigalupo & E. L. Cabral	1-4	1-4	1-4	1	1-4
Rubiaceae	*Borreria verticillata* (L.) G. Mey.	1-3	1-3	1-3		1-3
Rubiaceae	*Galium ericoides* Lam.			2-3		
Rubiaceae	*Galium richardianum* (Gillies ex Hook. & Arn.) Endl. ex Walp.	1	1	1	1	
Rubiaceae	*Galium* sp.				4	
Rubiaceae	*Richardia humistrata* (Cham. & Schltdl.) Steud.	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-4	1-2	1-2-3-4
Rubiaceae	*Richardia stellaris* (Cham. & Schltdl.) Steud.	1-3-4	4		1-3	
Rubiaceae	Rubiaceae				3	
Solanaceae	*Nierembergia riograndensis* Hunz & A. A. Cocucci	1-2-3-4	1		1	
Verbenaceae	*Glandularia selloi* (Spreng.) Troc.		1-4		1	
Verbenaceae	*Verbena montevidensis* Spreng.	1-3	1			1
NI*	NI 1 (nº 248)				1	
NI*	NI 2 (nº 249)				1	

Legenda:

EA1 – Fazenda Serra do Veleda (estação de referência);
EA2 – Fazenda Três Lagoas;

EA3 – Fazenda Candiota;
EA4 – Chácara Santa Clara;
EA5 – Fazenda Santa Rita.
1 – Campanha de primavera (novembro de 2022);
2 – Campanha de verão (fevereiro de 2023);
3 – Campanha de outono (maio de 2023);
4- Campanha de inverno (setembro de 2023).
NI*= Não identificada (o número entre parênteses corresponde ao registro na planilha de campo.
* Algumas espécies não puderam ser identificadas devido à ausência de estruturas reprodutivas e/ou à ocorrência de material vegetativo incompleto.

Recentemente o PROJETO FLORA BRASIL 2020 introduziu atualizações na taxonomia de algumas espécies, modificando a sua denominação científica. O Projeto Flora Brasil 2020 tem como objetivo fazer a divulgação de descrições, chaves de identificação e ilustrações para todas as espécies de plantas, algas e fungos conhecidos no Brasil. O projeto faz parte do Programa Reflora que está sendo realizado com o apoio do Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr), uma plataforma *online* que integra dados sobre a biodiversidade e os ecossistemas, provenientes de fontes diversas do Brasil e do exterior.

A nova nomenclatura foi plenamente incorporada a partir do relatório da campanha de primavera, em novembro de 2020. A leitura do quadro de equivalências taxonômicas (ver quadro 205), permite uma equiparação dos relatórios anteriores a essa data, com a nova nomenclatura adotada nos relatórios subsequentes.

Quadro 209 - Atualização da nomenclatura taxonômica das espécies vegetais, segundo modificações introduzidas pelo Projeto Flora Brasil 2020

Nomenclatura adotada	Nova nomenclatura segundo a Flora Brasil 2020
Alliaceae	*Amaryllidaceae* J. St.-Hil.
Aspilia setosa	*Aspilia montevidensis* (Spreng.) Kuntze
Baccharis trimera	*Baccharis crispa* Spreng.
Borreria eryngioides	*Spermacoce eryngioides* (Cham. & Schltdl.) Kuntze
Briza subaristata	*Chascolytrum subaristatum* (Lam.) Desv.
Centratherum camporum	*Centratherum punctatum* Cass
Centunculus minimus	*Lysimachia minima* (L.) U. Manns & Anderb.
Chaptalia runcinata	*Chaptalia piloselloides* (Vahl) Baker
Coelorhachis selloana	*Mnesithea selloana* (Hack.) de Koning & Sosef
Desmanthus depressus	*Desmanthus virgatus* (L.) Willd.
Diodia brasiliensis	*Galianthe brasiliensis* (Spreng.) E.L.Cabral & Bacigalupo
Eupatorim buniifolium	*Acanthostyles buniifolius* (Hook. & Arn.) R.M.King & H.Rob.
Herbetia pulchela	*Herbetia lahue* (Molina) Goldblatt
Kyllinga brevifolia	*Cyperus brevifolius* (Rottb.) Endl. ex Hassk.
Kyllinga odorata	*Cyperus sesquiflorus* (Torr.) Mattf. & Kük.
Kyllinga vaginata	*Cyperus obtusatus* (J.Presl & C.Presl) Mattf. & Kük.
Pennisetum clandestinum	*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone
Psidium incanum	*Psidium salutare* (Kunth) O.Berg
Pycreus polystachyos	*Cyperus polystachyos* Rottb.
Relbunium richardianum	*Galium richardianum* (Gillies ex Hook. & Arn.) Endl. ex Walp.
Spermacoce verticillata	*Borreria verticillata* (L.) G.Mey.
Vernonia nudiflora	*Vernonanthura nudiflora* (Less.) H.Rob.

No período correspondente às quatro campanhas realizadas, foram inventariados 148 táxons, que a partir de agora serão referidos como espécies (Quadro 210). A grande maioria dos táxons, foi identificada até o nível de espécie, sendo que apenas dois deles não pertencem à categoria taxonômica das Angiospermas (plantas com flores e frutos): uma Briófita (Bryopsida, Musgo) e uma Pteridófita *Ophioglossum crotalophoroides* (Ophioglossaceae).

Para fins de comparação da riqueza de espécies registrada no presente período de trabalho (148 espécies) com a riqueza de espécies de outras comunidades campestres no Rio Grande do Sul, consultou-se a publicação de Filho *et al*. (2017), na qual constam os resultados de diversos trabalhos fitossociológicos. Para tal comparação, calculou-se a média dos valores de riqueza específica constantes nesses trabalhos, obtendo-se um valor de 159 espécies.

Portanto, a riqueza de espécies encontrada no presente monitoramento é bastante semelhante àquela registrada na literatura para outras regiões do RS.

Quadro 210 - Riqueza de espécies para cada EA, por época de amostragem, (primavera, verão, outono e inverno), valores acumulados por EA no período total de amostragem (novembro de 2022 a setembro de 2023) e valores percentuais representados pelo número total de espécies de cada EA em relação ao número total de táxons inventariado no período

	Nov/22	**Fev/23**	**Maio/23**	**Set/23**	**Total de spp./Ano**	**% do nº total de spp.***
EA1	58	35	38	49	**83**	**56,08**
EA2	61	30	23	47	**88**	**59,45**
EA3	59	22	35	43	**90**	**60,81**
EA4	55	20	24	35	**82**	**55,40**
EA5	33	20	21	26	**68**	**45,94**

*Número total de espécies**: 148**

Das famílias de Angiospermas encontradas no presente período de observações, Asteraceae, Poaceae, Cyperaceae, Rubiaceae, Oxalidaceae, Plantaginaceae, Apiaceae, Fabaceae e Malvaceae destacam-se pelo número maior de espécies (Quadro 211 e Figura 227). Estas nove famílias botânicas representam 76,35% das espécies registradas nas comunidades campestres das EAs examinadas. Outros estudos realizados em diferentes locais do sul do Brasil também ressaltam a importância florística e fitossociológica destas famílias, na caracterização das comunidades campestres (Girardi-Deiro *et al*., 1992; Caporal e Boldrini, 2007; Boldrini *et al*., 2009; Setubal e Boldrini, 2010; Campestrini, 2014; Silva *et al*., 2016; Filho *et al*., 2017, entre outros). Cabe destacar também que, no presente período de monitoramento, várias famílias botânicas estão representadas por apenas uma, duas ou três espécies.

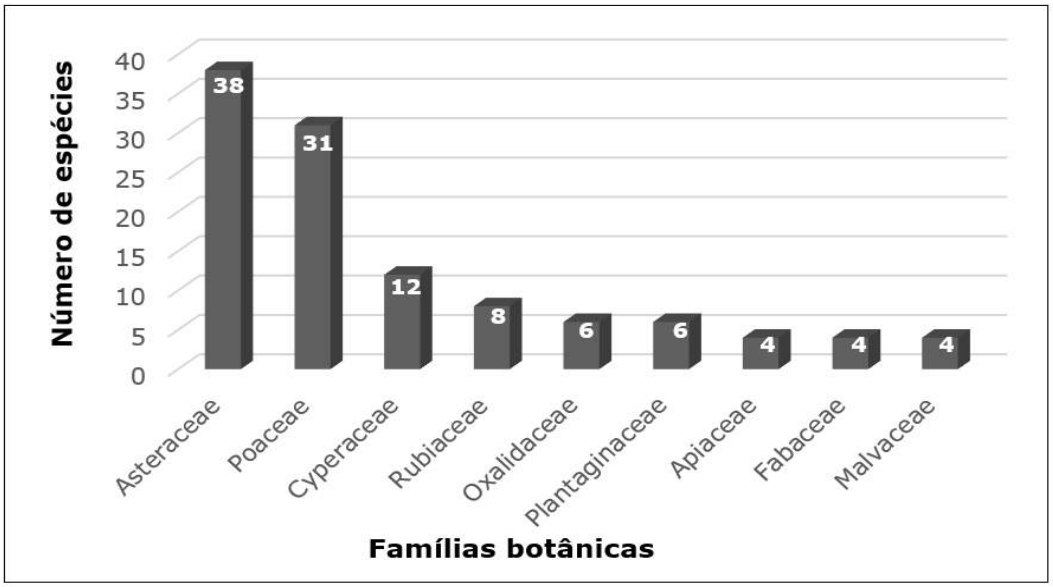
Conforme será examinado a seguir, dependendo do local (estação de amostragem) e das circunstâncias, algumas espécies de Poaceae têm presença destacada, através das frequências e graus de cobertura elevados (*Paspalum notatum*, *Cenchrus clandestinus* e *Eragrostis plana*, por exemplo). As Asteraceae, por outro lado, costumam exibir coberturas mais baixas, sendo que alguns de seus representantes subarbustivos/arbustivos (*Acanthostyles buniifolius*, *Baccharis*

coridifolia e *Senecio brasilensis*, por exemplo) despontam como emergentes em meio à densa malha de gramíneas (Boldrini et al. 2009).

Quadro 211 - Número de espécies (NE) de Angiospermas por famílias mais numerosas nas cinco EAs, nas quatro campanhas de amostragem

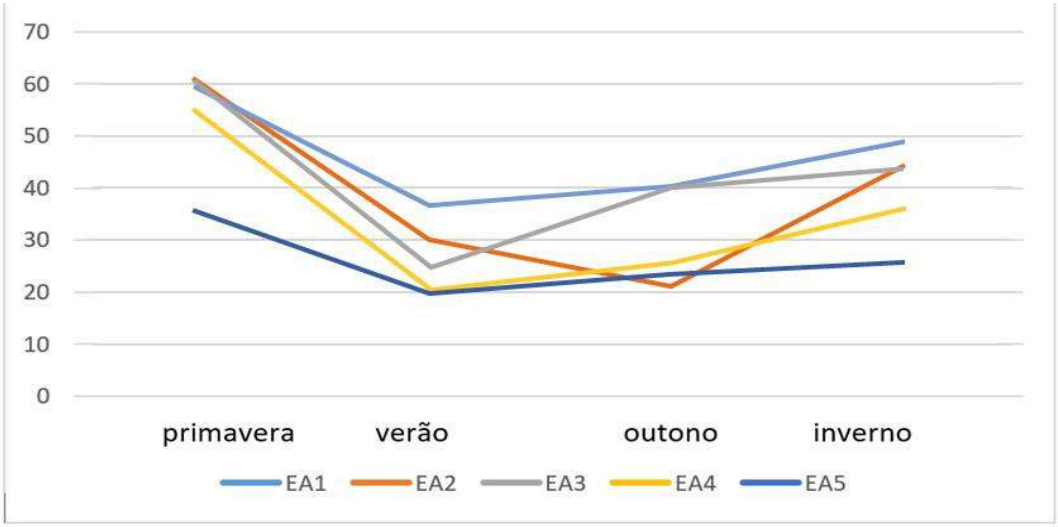
NE	Família botânica
38	Asteraceae
31	Poaceae
12	Cyperaceae
8	Rubiaceae
6	Oxalidaceae
6	Plantaginaceae
4	Apiaceae
4	Fabaceae
4	Malvaceae

Figura 227 - *Ranking* das principais famílias botânicas com maior número de espécies, amostradas nas quatro campanhas



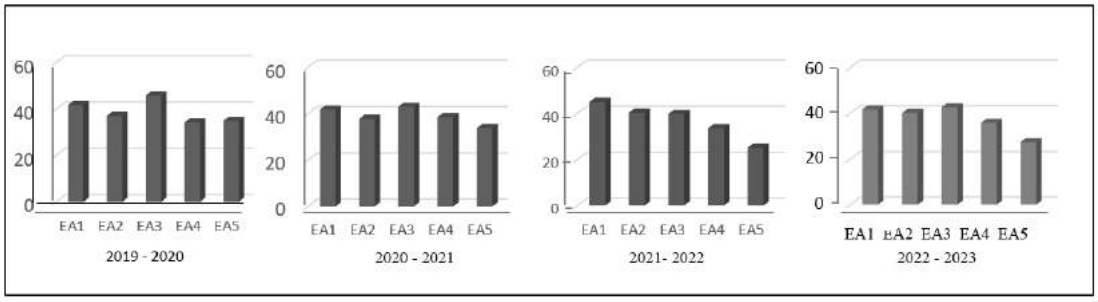
A Figura 228 apresenta uma comparação gráfica dos valores de riqueza de espécies de cada EA, mostrando a sua dinâmica nas quatro últimas campanhas.

Figura 228 - Variação dos valores de riqueza de espécies, de cada EA, nas quatro estações do ano (1ª campanha nov/2022; 2ª campanha fev/2023; 3ª campanha mai/2023 e 4ª campanha set/2023)



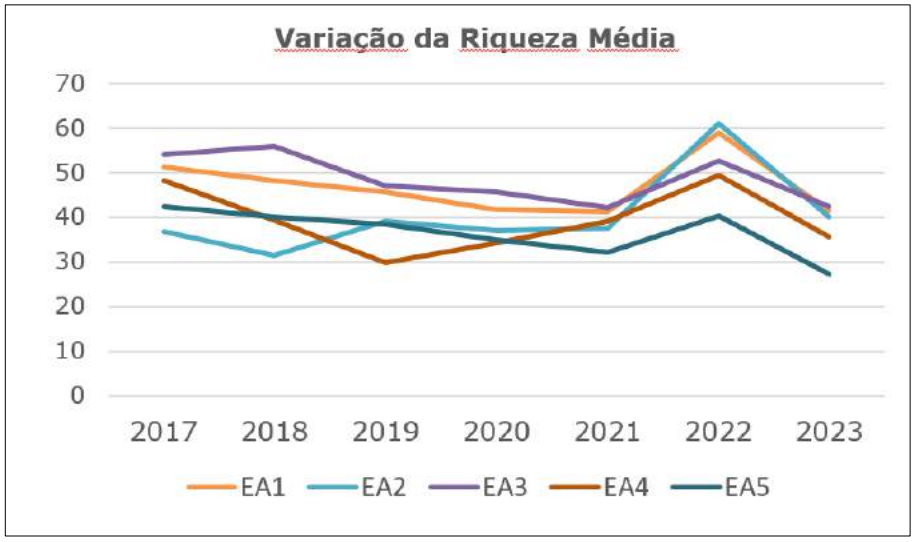
Na Figura 229 é apresentada uma comparação entre os valores de riqueza média de espécies, nos períodos de 2019-2020, 2020-2021 e 2021-2022 e 2022-2023, para todas EAs. Constata-se que, no período mais recente, as EAs 1, 2 e 3 exibem os valores mais altos; e as EAs 4 e 5 os valores mais baixos.

Figura 229 - Comparação entre os valores de riqueza média, para cada EA, entre os períodos de 2019-2020, 2020-2021,2021-2022 e 2022-2023



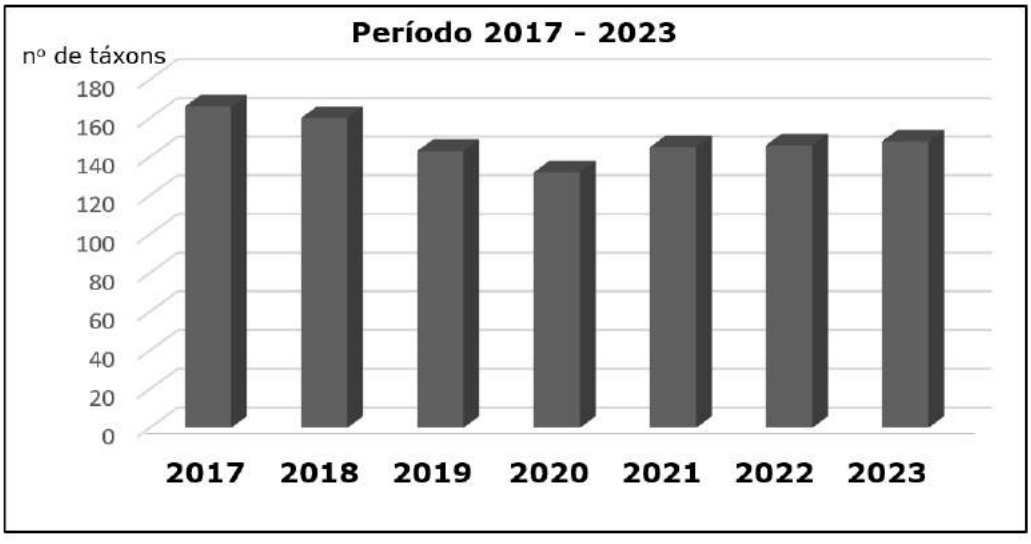
Na Figura 230, é apresentada a variação dos valores de riqueza média de espécies, de cada EA, no período compreendido entre 2017 e 2023, considerando os biênios 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022 e 2022-2023.

Figura 230 - Variação dos valores de riqueza média, para cada EA, de 2017 até 2023



A Figura 231 mostra a variação do número total de táxons identificados anualmente, no período compreendido entre 2017 e 2023.

Figura 231 - Variação no número total de táxons identificados no conjunto de EAs, nos anos de 2017 a 2023



Admite-se que as quedas nos valores de riqueza média de 2019 a 2022 estão associadas, preponderantemente, às ocorrências de estiagens severas na região (verões de 2019, 2021 e 2023, vide relatórios anuais destes anos).

O Quadro 212 mostra a ocorrência de espécies pertencentes à família Asteraceae, de porte herbáceo e subarbustivo/arbustivo nas cinco EAs. Em comunidades campestres sul-brasileiras a ocorrência expressiva de espécies subarbustivas/arbustivas, da família Asteraceae, é um indicativo florístico e fisionômico da dinâmica da transição (processo de sucessão vegetal). Nas EAs amostradas a presença de espécies de porte subarbustivo/arbustivo pode ser indicativo de processo de manejo (por ex: a ausência de pastejo, inexistência de roçadas etc.). tendo como consequência um possível avanço no processo sucessional.

Quadro 212 - Presença de espécies de Asteraceae herbáceas e subarbustivas/arbustivas nas cinco EAs examinadas

Asteraceae	**EA1**	**EA2**	**A3**	**EA4**	**EA5**
Herbáceas	15	20	19	15	7
Subarbustivas /arbustivas	2	6	8	4	5
Total	17	26	27	19	12

Conforme pode ser observado no Quadro 212 (acima), na EA1 constatou-se o menor número de espécies subarbustivas/arbustivas (2 espécies); a EA3 apresentou o maior número (8 espécies); nas EA2, EA4 e EA5, registrou-se número intermediário de espécies subarbustivas/arbustivas (de 4 a 6 espécies). Desse modo, na **EA1** os representantes subarbustivos/arbustivos correspondem a **11,76%** (para 13,33% no período anterior de monitoramento) do seu total de espécies de Asteraceae; na **EA2**, correspondem a **23,07%** (para 17,39%); na **EA3**, perfazem **29,62%** (para 19,05%); na **EA4** representam **21,05%** (para 18,18%) e na **EA5** atingem o valor máximo de **41,66%** (para 28,7%). Portanto, excetuando a EA1, as EAs exibiram percentuais mais altos de espécies subarbustivas/arbustivas em relação ao número total de espécies de Asteraceae, comparando com o período anterior de monitoramento (de 2021-2022).

3.2.3.2. Fitossociologia

Os resultados da análise fitossociológica são apresentados nos Quadros 209 a 212, a seguir.

Quadro 213 - Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de primavera (novembro de 2022), nas cinco EAs.

Espécies na EA 1	CA (%)	CR (%)	FA (%)	FR (%)	VI (%)
Cenchrus clandestinus	1152,50	17,49	97,37	7,31	12,40
Paspalum notatum	1078,50	16,37	100,00	7,51	11,94
Oxalis sellowiana	703,50	10,68	94,74	7,11	8,90
Oxalis eriocarpa	507,00	7,70	92,11	6,92	7,31
Soliva anthemifolia	452,55	6,87	94,74	7,11	6,99
Richardia humistrata	457,70	6,95	92,11	6,92	6,93
Bulbostylis capillaris	394,50	5,99	78,95	5,93	5,96
Cyperus sesquiflorus	230,45	3,50	76,32	5,73	4,61
Axonopus affinis	251,25	3,81	57,89	4,35	4,08
Piptochaetium montevidense	174,75	2,65	44,74	3,36	3,01

Espécies na EA 2	CA (%)	CR (%)	FA (%)	FR (%)	VI (%)
Eragrostis plana	1020,25	20,66	97,37	8,51	14,58
Oxalis brasiliensis	607,50	12,30	97,37	8,51	10,40
Cynodon dactylon	569,50	11,53	81,58	7,13	9,33
Desmodium incanum	411,10	8,33	97,37	8,51	8,42
Oxalis sellowiana	421,70	8,54	89,47	7,82	8,18
Cenchrus clandestinus	270,10	5,47	63,16	5,52	5,49
Bulbostylis capillaris	252,75	5,12	65,79	5,75	5,43
Sida rhombifolia	198,20	4,01	68,42	5,98	5,00
Herbertia lahue	135,60	2,75	68,42	5,98	4,36
Stenacheanium campestre	186,65	3,78	47,37	4,14	3,96

Espécies na EA 3	CA (%)	CR (%)	FA (%)	FR (%)	VI (%)
Paspalum notatum	946,75	25,89	100,00	10,56	18,22
Piptochaetium montevidense	438,85	12,00	89,47	9,44	10,72
Eragrostis plana	267,00	7,30	52,63	5,56	6,43
Evolvulus sericeus	244,50	6,69	57,89	6,11	6,40
Hypoxis decumbens	202,25	5,53	68,42	7,22	6,38
Oxalis sellowiana	134,40	3,68	71,05	7,50	5,59

Espécies na EA 3	CA (%)	CR (%)	FA (%)	FR (%)	VI (%)
Acanthostyles buniifolius	214,70	5,87	34,21	3,61	4,74
Aspilia montevidensis	149,45	4,09	44,74	4,72	4,40
Dichondra sericrea	154,80	4,23	39,47	4,17	4,20
Desmodium incanum	125,35	3,43	42,11	4,44	3,94

Espécies na EA 4	CA (%)	CR (%)	FA (%)	FR (%)	VI (%)
Eragrostis plana	2800,00	53,54	100,00	13,57	33,56
Oxalis sellowiana	549,75	10,51	97,37	13,21	11,86
Desmodium incanum	404,3	7,73	94,74	12,86	10,29
Oxalis eriocarpa	258,85	4,95	89,47	12,14	8,55
Paspalum dilatatum	495,75	9,48	50,00	6,79	8,13
Paspalum notatum	224,25	4,29	47,37	6,43	5,36
Axonopus affinis	110,35	2,11	31,58	4,29	3,20
Oxalis bipartita	34,55	0,66	34,21	4,64	2,65
Hypoxis decumbens	47,45	0,91	23,68	3,21	2,06
Oxalis brasiliensis	59,25	1,13	18,42	2,50	1,82

Espécies na EA 5	CA (%)	CR (%)	FA (%)	FR (%)	VI (%)
Cenchrus clandestinus	2569,25	52,80	100,00	16,81	34,81
Bulbostylis capillaris	624,85	12,84	89,47	15,04	13,94
Oxalis sellowiana	444,20	9,13	84,21	14,16	11,64
Eragrostis plana	594,75	12,22	44,74	7,52	9,87
Oxalis eriocarpa	234,30	4,81	71,05	11,95	8,38
Cerastium humifusum	34,55	0,71	34,21	5,75	3,23
Desmodium incanum	41,10	0,84	31,58	5,31	3,08
Bulbostylis sp.	71,35	1,47	21,05	3,54	2,50
Herbertia lahue	32,65	0,67	18,42	3,10	1,88
Oxalis brasiliensis	40,50	0,83	15,79	2,65	1,74

Legenda: CA = cobertura absoluta; CR = cobertura relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; VI = valor de importância.

Quadro 214 - Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de outono (maio de 2023), nas cinco EAs

EA 1 - Veleda	CA (%)	CR (%)	FA (%)	FR (%)	VI (%)
Paspalum notatum	836,25	12,52	100,00	6,55	9,54
Soliva anthemifolia	823,75	12,34	97,37	6,38	9,36
Richardia humistrata	785,75	11,77	92,11	6,03	8,90
Bulbostylis capillaris	715,60	10,72	92,11	6,03	8,38

EA 1 - Veleda	CA (%)	CR (%)	FA (%)	FR (%)	VI (%)
Cenchrus clandestinus	575,75	8,62	89,47	5,86	7,24
Dichondra sericrea	525,85	7,88	92,11	6,03	6,96
Trifolium polymorphum	351,20	5,26	97,37	6,38	5,82
Axonopus affinis	375,85	5,63	73,68	4,83	5,23
Facelis retusa	147,50	2,21	65,79	4,31	3,26
Nierembergia riograndensis	192,00	2,88	39,47	2,59	2,73

EA 2 - Três Lagoas	CA (%)	CR (%)	FA (%)	FR (%)	VI (%)
Eragrostis plana	1520,25	24,37	100,00	7,74	16,06
Desmodium incanum	401,55	6,44	78,95	6,11	6,27
Axonopus affinis	437,75	7,02	68,42	5,30	6,16
Solidago chilensis	495,25	7,94	39,47	3,05	5,50
Paspalum dilatatum	398,25	6,38	57,89	4,48	5,43
Carex sororia	223,90	3,59	78,95	6,11	4,85
Cenchrus clandestinus	377,00	6,04	36,84	2,85	4,45
Scutellaria racemosa	256,70	4,12	57,89	4,48	4,30
Dichondra sericrea	167,45	2,68	65,79	5,09	3,89
Soliva anthemifolia	189,85	3,04	57,89	4,48	3,76

EA 3 - Candiota	CA (%)	CR (%)	FA (%)	FR (%)	VI (%)
Paspalum notatum	1069,75	25,91	100,00	8,02	16,96
Piptochaetium montevidense	604,00	14,63	81,58	6,54	10,58
Eragrostis plana	300,75	7,28	63,16	5,06	6,17
Aspilia montevidensis	192,10	4,65	44,74	3,59	4,12
Acanthostyles buniifolius	137,95	3,34	57,89	4,64	3,99
Hypoxis decumbens	69,00	1,67	65,79	5,27	3,47
Evolvulus sericeus	113,65	2,75	50,00	4,01	3,38
Hypochaeris megapotamica	125,45	3,04	44,74	3,59	3,31
Bulbostylis capillaris	141,10	3,42	31,58	2,53	2,97
Dichondra sericrea	93,40	2,26	42,11	3,38	2,82

EA 4 - Santa Clara	CA (%)	CR (%)	FA (%)	FR (%)	VI (%)
Eragrostis plana	2575,00	49,54	100,00	10,11	29,83
Paspalum notatum	730,50	14,06	97,37	9,84	11,95
Desmodium incanum	594,00	11,43	100,00	10,11	10,77
Axonopus affinis	540,75	10,40	100,00	10,11	10,26
Senecio madagascariensis	75,55	1,45	63,16	6,38	3,92
Steinchisma hians	33,45	0,64	39,47	3,99	2,32
Herbertia lahue	34,55	0,66	34,21	3,46	2,06
Eleusine tristachya	83,25	1,60	18,42	1,86	1,73
Evolvulus sericeus	40,80	0,79	23,68	2,39	1,59
Dichondra sericrea	34,05	0,66	21,05	2,13	1,39

EA 5 - Santa Rita	CA (%)	CR (%)	FA (%)	FR (%)	VI (%)
Cenchrus clandestinus	1212,50	35,24	50,00	5,41	20,32
Bulbostylis capillaris	604,50	17,57	92,11	9,97	13,77
Dichondra sericrea	141,75	4,12	89,47	9,69	6,90
Vulpia bromoides	215,35	6,26	63,16	6,84	6,55
Soliva anthemifolia	89,25	2,59	73,68	7,98	5,29
Trifolium polymorphum	55,30	1,61	55,26	5,98	3,79
Desmodium incanum	103,70	3,01	31,58	3,42	3,22
Cerastium glomeratum	54,50	1,58	34,21	3,70	2,64
Paspalum pumilum	79,50	2,31	26,32	2,85	2,58
Poa annua	47,85	1,39	34,21	3,70	2,55

Legenda: CA = cobertura absoluta; CR = cobertura relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; VI = valor de importância.

3.2.3.3. Índices de diversidade

Quadro 215 - Índices de diversidade das cinco EAs, nas campanhas de primavera e outono.

Outono	**Veleda**	**Três Lagoas**	**Candiota**	**Sta Clara**	**Sta Rita**
Riqueza de espécies	45	47	42	30	22
Diversidade de Shannon (H')	3,289	3,203	3,202	2,790	2,558
Diversidade de Simpson	0,048	0,054	0,053	0,084	0,102
Diversidade de Gini-Simpson	0,952	0,946	0,947	0,916	0,898
Equalibidade de Pielou (J')	0,864	0,832	0,857	0,820	0,827

Primavera	**Veleda**	**Três Lagoas**	**Candiota**	**Sta Clara**	**Sta Rita**
Riqueza de espécies	68	57	70	59	54
Diversidade de Shannon (H')	3,574	3,538	3,687	3,402	3,397
Diversidade de Simpson	0,039	0,037	0,034	0,053	0,048
Diversidade de Gini-Simpson	0,961	0,963	0,966	0,947	0,952
Equalibidade de Pielou (J')	0,847	0,875	0,868	0,834	0,852

3.2.3.4. Índice de similaridade

Quadro 216 - Índice de similaridade de Jaccard entre as EAs, nas campanhas de primavera e outono.

Outono	Três Lagoas	Veleda	Santa Clara	Santa Rita
Veleda	0,3529			
Santa Clara	0,2623	0,3158		
Santa Rita	0,2778	0,2642	0,3333	
Candiota	**0,4127**	**0,4032**	**0,3846**	0,2549

Primavera	Três Lagoas	Veleda	Santa Clara	Santa Rita
Veleda	0,3587			
Santa Clara	**0,4146**	0,3956		
Santa Rita	0,3537	**0,4023**	0,3614	
Candiota	0,3656	**0,4375**	0,3438	0,3626

3.2.4. Considerações sobre as EAs

No geral, as áreas apresentaram uma grande dominância de gramíneas (Poaceae) e uma grande diversidade de compostas (Asteraceae). Em todas as EAs, tanto a riqueza de espécies (Quadro 210) quanto o índice de diversidade H' de Shannon, foram maiores na primavera do que no outono.

A **EA1** (Fazenda Serra do Veleda) manteve a riqueza de espécies relativamente alta, especialmente na primavera (Quadro 210). Nessa propriedade, a atividade pecuária com bovinos e ovinos favorece as espécies vegetais prostradas, mantendo campo predominantemente baixo e com boa cobertura do solo (Figuras 1 a 5 do Relatório Fotográfico). Poucas espécies de Asteraceae subarbustivas estão presentes (Quadro 212), com frequência muito baixa. Como nas outras EAs, a estiagem de verão provocou uma redução na riqueza de espécies (Quadro 210).

Na EA1, *Cenchrus clandestinus* (capim-kikuio, espécie introduzida), *Paspalum notatum* (grama-forquilha), *Soliva anthemifolia*, *Richardia humistrata*, *Bulbostylis capillaris* e

Axonopus affinis foram, no geral, as mais representativas em termos de valor de importância, considerando as amostragens de primavera de 2022 e outono de 2023. Na primavera, *C. clandestinus* e *P. notatum* as duas espécies apresentaram as maiores frequência e cobertura (Quadro 6). Porém, a importância de *C. clandestinus* foi menor no outono, quando se destacaram *P. notatum*, *S. anthemifolia* e *R. humistrata* (Quadro 214). A presença de *Eragrostis plana* (capim-anonni), espécie invasora, foi registrada neste EA, com frequência absoluta de 5,26%.

A área apresentou o maior índice H de diversidade (3,289 nats), para o outono e o segundo maior (3,574 nats), para a primavera. Os índices J de equabilidade (de Pielou) foram altos, tanto no outono (0,864) quanto na primavera (0,847) ver Quadro 8, indicando que 86% e 85%, respectivamente, da diversidade máxima teórica foram obtidas por meio da amostragem realizada. A similaridade florística com a Fazenda Candiota foi de 44%, a maior registrada na primavera (Quadro 213). No outono a similaridade também foi maior com a Fazenda Candiota (41%) a segunda maior para o período.

A **EA2** (Fazenda Três Lagoas), em comparação com as outras EAs, apresentou a segunda maior riqueza de espécies (88 espécies), considerando o total nas quatro estações do ano (Quadro 210). Da mesma forma que nas outras EAs, devido à estiagem houve uma redução expressiva na riqueza de espécies no verão, semelhante ao ocorrido nos anos anteriores.

Na EA2, o processo de invasão por *Eragrostis plana* (ver Figuras 19 e 23 do Relatório Fotográfico), após o final da cultura da soja em 2018, intensificou-se ao longo de 2021 e 2011, com alguma estabilização em 2023. Nesta EA, *E. plana*, *Desmodium incanum e Cenchrus clandestinuns* foram as mais representativas ao longo dos dois períodos (primavera e outono). *Eragrostis plana* apresentou valor de importância muito alto, cerca de 15% tanto no outono quanto na primavera, com frequência e cobertura altas (Quadro 213 e Quadro 214). *Oxalis brasiliensis* (azedinha) e *Cynodon dactylon* também apresentaram altos valores na primavera. A Fabaceae *D. incanum* (pega-pega), apresentou o segundo maior valor de importância no outono, seguida por *Axonopus affinis*. O índice H de diversidade (de Shannon) foi o segundo maior no outono (3,20 nats) e o terceiro na primavera (3,54 nats) e o índice J de equabilidade (de Pielou) foram altos tanto no outono (0,83) quanto na primavera (0,88), sendo este último o

maior obtido nesta etapa. No outono, a similaridade florística foi maior com a Fazenda Veleda (41%). Na primavera, a similaridade foi maior com a Chácara Santa Clara (42%).

Na **EA3** (Fazenda Candiota), verifica-se um longo período de exclusão do pastejo. Por esse motivo, constata-se a coexistência de elementos típicos de campo alto (ou de capoeira), com representantes subarbustivos da família Asteraceae (Quadro 212), como *Acanthostyles buniifolius*, *Baccharis dracunculifolia* e *Senecio madagascariensis*, por exemplo, e de espécies de campo baixo, especialmente membros da família Poaceae (Axonopus affinis, *Paspalum notatum* e *Piptochaetium montevidense*). É oportuno destacar a ocorrência única (considerando as cinco EAs amostradas) nesta EA de *Psidium salutare*, uma Myrtaceae subarbustiva conhecida popularmente como araçá-do-campo. Localmente, portanto, o processo de sucessão vegetal transcorre, observando-se ao longo do tempo a transição de uma fisionomia campestre para uma fisionomia arbustiva.

Em comparação com as outras EAs, a EA3 apresentou a maior riqueza de espécies no total de um ano (Quadro 212). A cobertura média do solo na comunidade vegetal foi de 70-80%; na campanha de verão, algumas parcelas amostrais exibiram coberturas excepcionalmente baixas, em torno de 25% (ver Figura 13 no Relatório Fotográfico). Como nas outras EAs, devido à estiagem de verão, a riqueza de espécies teve uma redução bastante acentuada.

Na EA3 (Fazenda Candiota) as Poaceae Paspalum notatum, Piptochaetium montevidense (capim-pêlo-de-porco) e Eragrostis plana foram as mais representativas nas duas campanhas. Destaca-se Paspalum notatum, que, nas duas amostragens, apresentou 100% de frequência absoluta e uma cobertura relativa maior que 25% (Quadro 213 e Quadro 214). A invasora E. plana apresentou frequência absoluta de 53% e 63% no outono e primavera, respectivamente, e cobertura relativa superior a 7% (nas duas amostragens). Assim como o maior índice H de diversidade de Shannon na primavera (3,7 nats) e a segundo maior equabilidade de Pielou no outono (0,86) e na primavera (0,87) (Quadro 215). Sua similaridade florística com a Fazenda Três Lagoas foi de 41% no outono e com a fazenda Veleda de 44% na primavera, as maiores de cada período (Quadro 216).

Na EA4 (Chácara Santa Clara), constatou-se uma relativa diminuição da riqueza de espécies no período de amostragem (Quadro 210). Nesta propriedade, a pressão do pastejo é bastante baixa, propiciando a ocorrência de algumas espécies de Asteraceae subarbustivas (Quadro 212). O avanço vigoroso de Eragrostis plana (Figura 47 a 51 e 56 do Relatório

Fotográfico) continua tendo consequências na riqueza de espécies, bem como na frequência e cobertura de outras espécies vegetais. Como E. plana tem uma elevada cobertura do solo, a incidência de luz no estrato inferior da comunidade impede a ocupação por espécies herbáceas prostradas e/ou pouco competitivas.

Na EA4, a Poaceae E. plana apresentou o maior valor de importância (em torno de 30%) e frequência absoluta de 100%, nas duas campanhas (Quadro 213 e Quadro 214). Essa espécie apresentou cobertura relativa de 53,54% na primavera e cerca de 50% no outono. Na primavera, Oxalis sellowiana apresentou valor de importância relativamente alto (11,86%) e frequência absoluta de 97,37%. Outras espécies que se destacaram na comunidade, nas duas campanhas, foram Paspalum notatum, Axonopus affinis e Desmodium incanum, embora com valores de importância bem abaixo dos apresentados pela espécie dominante (E. plana). Assim como os menores índices de diversidade de Shannon (3,40 nats) para a primavera e equabilidade de Pielou (0,82) para o outono (Quadro 215). No outono, o índice de diversidade também foi baixo (2,79 nats). Sua similaridade florística foi maior com a Fazenda Candiota (39%), no outono, e com a Fazenda Três Lagoas (42%), na primavera (Quadro 216).

A EA5 (Fazenda Santa Rita) é uma propriedade que há muito tempo vem sendo submetida ao pastejo por bovinos e equinos, tendo sido também utilizada para a criação de ovinos, fazendo com que o campo se mantenha baixo (ver Figuras 21 a 25 do Relatório Fotográfico). Paralelamente, ocorrem espécies subarbustivas da família Asteraceae, como Baccharis coridifolia (mio-mio) e Cirsium vulgare (cardo), entre outras.

Em comparação com as outras EAs, na EA5 foi registrada a menor riqueza de espécies (68 espécies), considerando o total de um ano (Quadro 210). Como nas outras EAs, a estiagem no verão provocou uma redução expressiva no número de espécies (Quadro 210).

Na EA5, a Poaceae Cenchrus clandestinus apresentou o maior valor de importância nas duas campanhas, chegando a representar 34,81% e 20,32% na primavera e no outono, respectivamente (Quadro 213 e Quadro 214). Os valores de cobertura relativa dessa espécie também foram elevados, atingindo 52,80% e 35,24% na primavera e no outono, respectivamente. Em ambos os períodos, também se a Cyperaceae Bulbostylis capillaris (cabelo-de-porco), com cobertura e frequência relativamente altas. Nessa comunidade, está sempre presente a Asteraceae C. vulgare, espécie que consta na lista de exóticas invasoras do RS, que, apesar de não ocorrer na campanha de outono, foi registrada em 18% das parcelas na

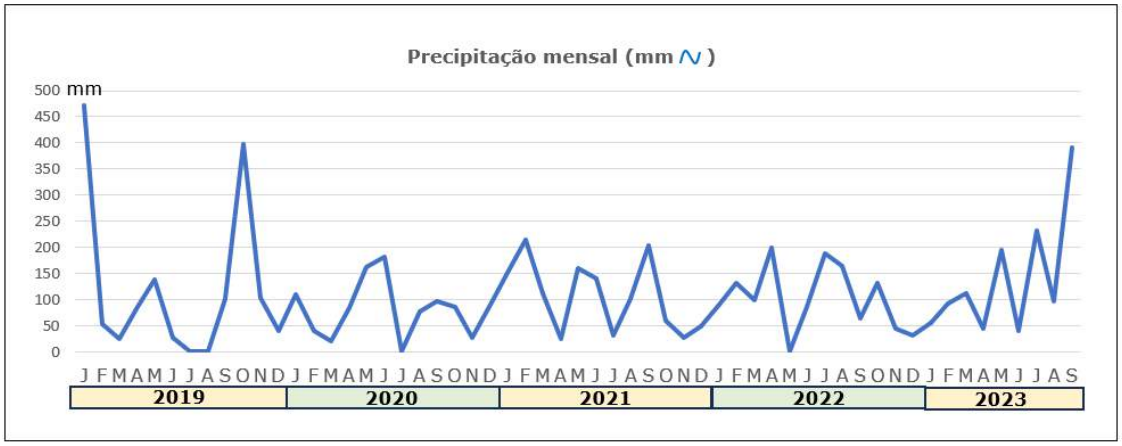
campanha de primavera. Eragrostis plana, também invasora, apresentou uma frequência maior no outono (44,73%) do que na primavera (15,78%). Assim como os menores índices H de diversidade de Shannon (2,56 e 3,40 nats, idem). Sendo a maior variação de valores nos períodos amostrados tanto na riqueza de espécies quanto na diversidade de Shannon. O índice J de equabilidade de Pielou (0,83) foi o segundo menor para o outono (Quadro 215). A similaridade florística foi maior com a Chácara Santa Clara (33%) no outono e com a Fazenda Veleda (40%) na primavera (Quadro 216).

Clima regional: precipitação e riqueza de espécies

Na região de Candiota e adjacências, segundo a classificação de Köppen, o clima é mesotérmico, tipo subtropical, da classe Cfa. A precipitação média é de 1.350 mm. A distribuição desta precipitação durante o ano é de, aproximadamente, 34% no inverno, 25% na primavera, 25% no outono e 16% no verão. A temperatura média anual é de 17,6º C, sendo a média do mês mais quente (janeiro) de 24 º C e a do mês mais frio (junho) de 12,5º C. As temperaturas extremas são -4º C no mês mais frio e 41º C no mês mais quente. A umidade relativa do ar oscila entre 75 e 85%. A formação de geadas ocorre de abril a novembro, com maior incidência de junho a agosto. Os ventos predominantes são: Sudeste, de setembro a abril, e, Nordeste, de maio a agosto (Macedo, 1984).

No período de agosto de 2019 a agosto de 2023, em valores absolutos, a precipitação mensal total variou entre 0 mm (julho de 2019, agosto de 2019, julho de 2020 e maio de 2022) e 471,2 mm (janeiro de 2019), com um média anual de 1.401,6 mm.

Figura 232 - Precipitação total mensal (em mm) no período compreendido entre janeiro de 2019 e setembro de 2023.



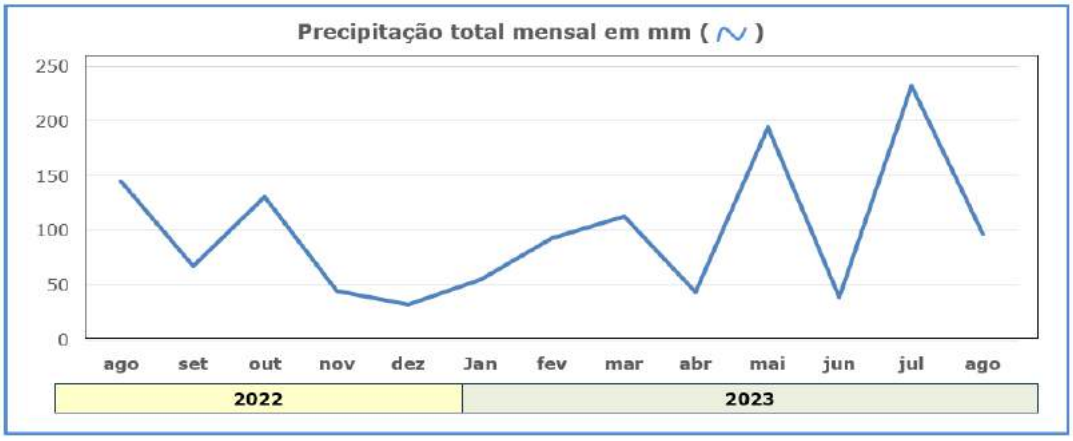
Figura

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 8º Distrito/RS

No período de agosto de 2022 a agosto de 2022 a precipitação mensal total variou entre 32,2 mm (dezembro de 2022) e 232,5 mm (julho de 2023), com uma precipitação média anual de 1.232,1 mm (anos de 2019, 2020, 2021 e 2022), ver Figura 232, acima.

A Figura 233(abaixo) detalha os valores de precipitação mensal acumulada no intervalo correspondente ao atual período de amostragem (de agosto de 2022 a agosto de 2023.

Figura 233 - Precipitação total mensal (em mm) no período compreendido entre agosto de 2022 e agosto de 2023.

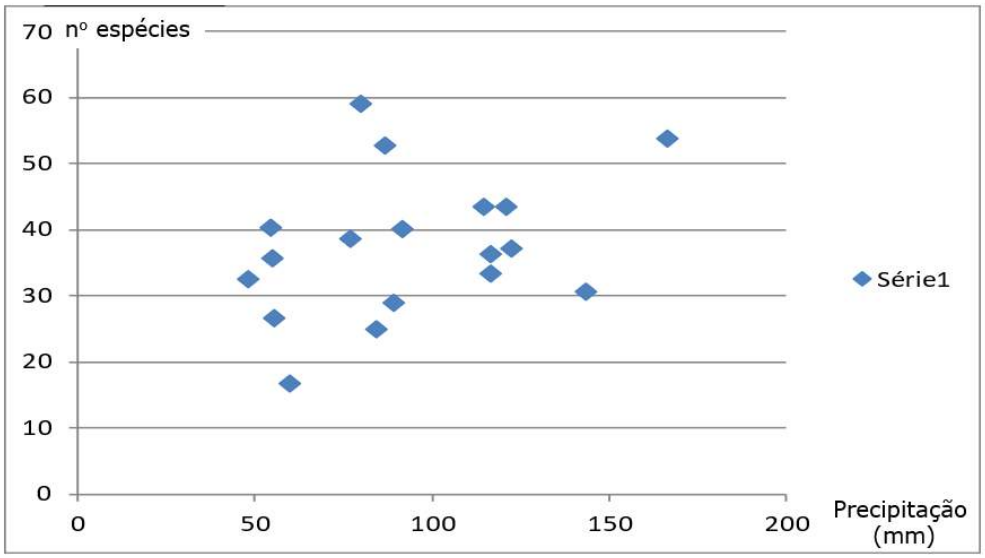


Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 8º Distrito/RS

Com o objetivo de identificar a existência de relação entre os valores de precipitação mensal e os valores médios de riqueza de espécies, para o conjunto das estações de amostragem, foi

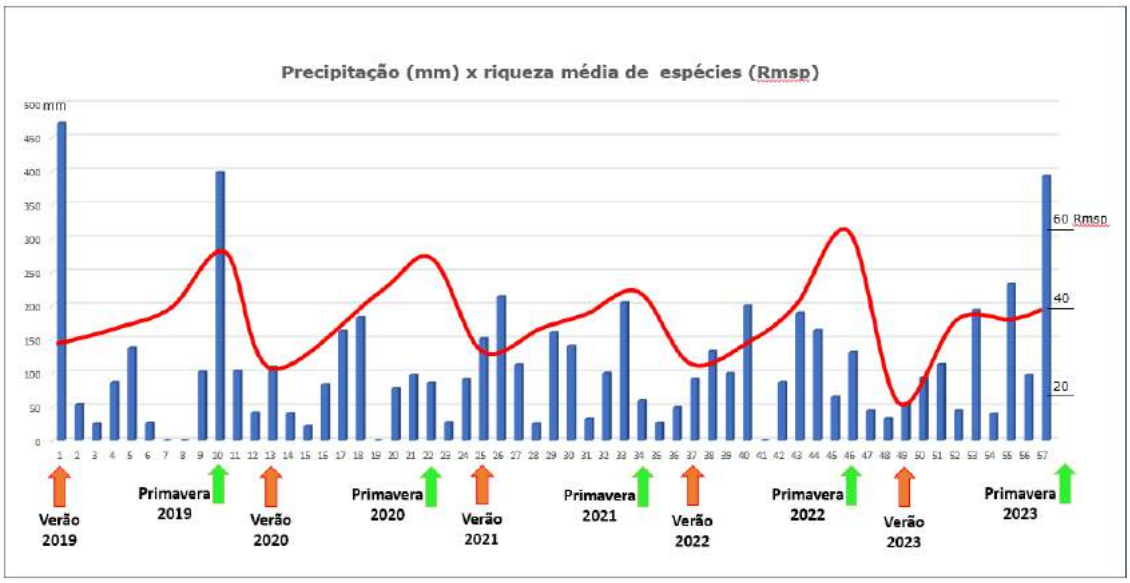
procedida uma análise de correlação, obtendo-se um valor de RHO = 0,3320 e de R^2 = 0,1102 (ver figura 234, abaixo). Observou-se, portanto, que parte do incremento na riqueza média de espécies em cada período avaliado, é relacionada com o aumento na precipitação acumulada.

Figura 234 - Correlação entre os valores de precipitação total mensal (em mm – eixo x), agrupando-se os valores médios dos últimos três meses com os valores médios de riqueza de espécies (eixo y), no período compreendido entre janeiro de 2019 e agosto de 2023



A Figura 235 mostra a sobreposição dos valores de precipitação mensal total com os valores (trimestrais) de riqueza média de espécies. É possível observar a coincidência dos menores valores de riqueza média de espécies com os períodos de verão e os valores mais elevados com os períodos de primavera.

Figura 235 - Sobreposição entre os valores de precipitação total mensal com os valores de riqueza média de espécies (eixo *y*), no período compreendido entre janeiro de 2019 e agosto de 2023



3.2.5. Espécies ameaçadas

A presença de espécies ameaçadas de extinção, ou classificadas como pouco estudadas ou com deficiência de dados, foi verificada mediante comparação da lista de registro de espécies nas diferentes estações amostrais, ao longo de diferentes campanhas, com a Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul, regulamentada no Decreto Estadual nº 52.109 de 19 de dezembro de 2014, que declara as espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no Estado do Rio Grande do Sul (Rio Grande do Sul, 2014).

Entre os resultados obtidos, cabe destacar a ausência de registro de ocorrência, nos últimos anos, de *Chaptalia arechavaletae* Hieron. Asteraceae (Figura 236), classificada como **Em Perigo – EN**, na Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul. A espécie já havia sido registrada na **EA1** (Serra do Veleda, Pinheiro Machado, RS, coordenadas UTM, fuso 22J: 262.170m E; 6.502.425m N); na **EA3** (Fazenda Candiota, Candiota, RS, coordenadas UTM, fuso 22J: 240.375m E; 6.508.270m N); na **EA4** (Chácara Santa Clara, Candiota, RS, coordenadas UTM, fuso 22J: 247.770m E; 6.508.180m N) e na **EA5**

(Fazenda Santa Rita, Candiota, RS, coordenadas UTM, fuso 22J: 248.900m E; 6.503.980m N). A ocorrência da espécie em anos anteriores sempre foi registrada com frequência e abundância baixíssimas. A ausência (ou eventual presença) de *Chaptalia arechavaletae* (Figura 236), deverá ser monitorada nas próximas campanhas.

A ocorrência da espécie é referida para a região, no município de Hulha Negra, por Pasini *et al*. (2014). No Uruguai, a espécie foi registrada por Andrés Gonzáles, em Fotos da Flora Nativa y Adventícia de Uruguay.

Figura 236 - *Chaptalia arechavaletae*, Fotografias de Andrés González, *in:* Fotos da Flora Nativa e Adventícia de Uruguay



Pfaffia gnaphaloides (L.f.) Mart. Amaranthaceae, anteriormente registrada na **EA1** (Fazenda Serra do Veleda) nos anos de 2017 e 2020, foi registrada na **EA5** (Fazenda Santa Rita) na campanha de verão de 2022 (Figura 237). A espécie é classificada na categoria **Quase Ameaçada –NT**, no anexo III da Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul.

Figura 237 - *Pfaffia gnaphaloides* (Amaranthaceae) na EA5 Fazenda Santa Rita. Fevereiro de 2022. A espécie é classificada na categoria **Quase Ameaçada –NT**, no anexo III da Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul (Decreto Estadual nº 52.109 de 19 de dezembro de 2014).



A Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul, conforme publicada no Decreto Estadual nº 52.109 de 19 de dezembro de 2014 define os diferentes graus de ameaça, são eles:

Criticamente em Perigo - CR: quando as melhores evidências disponíveis indicam que se atingiu qualquer um dos critérios quantitativos para Criticamente em Perigo, e por isso, se considera que a espécie está enfrentando um risco extremamente alto de extinção na natureza.

Em Perigo - EN: quando as melhores evidências disponíveis indicam que se atingiu qualquer um dos critérios quantitativos para em Perigo, e por isso, se considera que a espécie está enfrentando um risco muito alto de extinção na natureza.

Vulnerável - VU: quando as melhores evidências disponíveis indicam que se atingiu qualquer um dos critérios quantitativos para Vulnerável, e por isso, se considera que a espécie está enfrentando um risco alto de extinção na natureza.

Quase Ameaçada - NT: quando, ao ser avaliado pelos critérios, o táxon não se qualifica atualmente como CR, EN ou VU, mas se aproxima dos limiares quantitativos dos critérios, sendo provável que venha a se enquadrar em uma categoria de ameaça num futuro próximo.

3.2.6. Espécies exóticas e espécies exóticas invasoras

Espécies exóticas

Segundo Schneider (2007), uma espécie exótica ocorre em determinado local em consequência de introdução intencional ou acidental. Conforme a Convenção sobre Diversidade Biológica, espécie exótica é aquela que se encontra fora da sua área de distribuição natural, ou seja, não é autóctone (nativa).

Para identificar as espécies exóticas no âmbito do presente projeto de monitoramento (Quadro 217), adotou-se como referência a lista de espécies publicada em "A flora naturalizada no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: herbáceas subespontâneas" (Schneider, 2007).

Quadro 217 - Espécies exóticas registradas no âmbito do presente projeto de monitoramento. *Espécies não encontradas no período em questão, mas presentes na região ou em campanhas de períodos anteriores.

Família	Espécie	Origem geográfica
Apiaceae	*Cyclospermum leptophyllum* Sprague ex Britton & P. Wilson	Eurásia
Asteraceae	*Cirsium vulgare* (Savi) Ten.	Eurásia
Asteraceae	*Hypochaeris glabra* L.	Europa
Asteraceae	*Hypochaeris radicata* L.	Europa
Asteraceae	*Senecio madagascariensis* Poir.	África
Asteraceae	*Taraxacum officinale* Weber ex F. H. Wigg. *	Eurásia
Brassicaceae	*Lepidium aletes* J. F. Macbr.*	Eurásia
Caryophyllaceae	*Cerastium glomeratum* Thuil.	Europa
Caryophyllaceae	*Stellaria media* (L.) Vill	Europa
Cyperaceae	*Fimbristylis dichotoma* (L.) Vahl *	Ásia
Fabaceae	*Medicago arabica* (L.) Huds.	Europa
Plantaginaceae	*Scoparia dulcis* L.	América Central

Plantaginaceae	*Veronica arvensis* L.	Eurásia
Poaceae	*Briza minor* L.	Eurásia
Poaceae	*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morroni	África
Poaceae	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.	África, Eurásia
Poaceae	*Eragrostis plana* Nees	África
Poaceae	*Lolium multiflorum* Lam.	Região mediterrânea
Poaceae	*Poa annua* L.	Europa
Poaceae	*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.	América tropical
Poaceae	*Vulpia bromoides* (L.) Gray	Europa
Polygonaceae	*Rumex obtusifolius* L.	Europa
Primulaceae	*Lysimachia minima* (L.) U. Manns & Anderb.	Região mediterrânea
Rosaceae	*Aphane arvensis (L.)*	Europa
Urticaceae	*Urtica dioica* L.*	Europa

Espécies exóticas invasoras

Espécie Invasora é definida como uma espécie exótica que prolifera sem controle, produzindo descendentes em número muito elevado e que consegue se dispersar a grandes distâncias da planta-mãe. As espécies invasoras representam importante ameaça para espécies nativas e para o equilíbrio dos ecossistemas que passam a ocupar. A invasão biológica é considerada uma das mais importantes causas de perda de biodiversidade.

Entre as espécies invasoras constatadas nas EAs inventariadas, merece atenção o capim-annoni (*Eragrostis plana*), uma gramínea sul-africana, introduzida acidentalmente no Rio Grande do Sul na década de 1950. Destaca-se a elevada densidade registrada para a espécie na EA4 (Chácara Santa Clara) (coordenadas UTM, fuso 22J: 247.770m E; 6.508.180m N), conforme pode ser percebido na Figura 17. Ressalta-se que recentemente a invasão pela espécie adquiriu proporções importantes na EA2 - Fazenda Três Lagoas. *Eragrostis plana* é também registrada nas estações amostrais: EA3 (Fazenda Candiota) e (EA5) Fazenda Santa Rita. Na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), onde até então não havia sido verificada a presença desta espécie, em agosto de 2019 foi registrada a sua primeira ocorrência.

A importância e a repercussão econômica, cultural, social e ecológica, da dramática expansão do capim-annoni (*Eragostris plana*), nas diferentes EAs (e em diversas formações

campestres do Rio Grande do Sul), justificaram a abordagem de tal problemática em um item à parte no Relatório anual de 2019 (Para maiores informações ver: item 6.1.6.1, do referido relatório).

No período relativo ao atual relatório, o capim-annoni (*Eragostris plana*) foi registrado, em todas as campanhas (primavera, verão, outono e inverno), em quatro da cinco EAs (EA2, EA3, EA4 e EA5).

Na **EA4** (Chácara Santa Clara), o capim-annoni foi registrado, com frequência e grau de cobertura, especialmente elevados. Em todas as 38 parcelas, a espécie foi registrada com grau de cobertura nunca inferior a 50%.

Merece destaque, uma vez mais, o rapidíssimo processo de invasão pelo capim-annoni na **EA4** (Chácara Santa Clara), onde, em um período de 30 meses (ver figura 238 e 239), houve uma impressionante perda de diversidade de espécies vegetais e uma considerável redução no potencial forrageiro da área amostrada.

Figura 238 - Vista geral da área de amostragem na **EA4** (Chácara Santa Clara), mostrando a situação anterior à infestação por *Eragrostis plana.* Outubro de 2011.



Figura 239 - Vista geral da área de amostragem na **EA4** (Chácara Santa Clara), aproximadamente no mesmo ângulo da foto anterior, mostrando a situação 30 meses depois, com a área já intensamente infestada por *Eragrostis plana.* Abril de 2014.



Mais recentemente, o mesmo processo de invasão pelo capim-annoni, está sendo observado na **EA3** (Fazenda Três Lagoas). Nesse local, em um período semelhante (aproximadamente 32 meses), após o final do cultivo de soja no local (ver Figuras 240 a 245, abaixo), houve uma invasão severa com redução expressiva na diversidade de espécies vegetais na área amostrada.

Figura 240 - EA3 **(**Fazenda Três Lagoas), imagem datada de julho de 2013, mostrando a área ainda com a cobertura vegetal nativa relativamente preservada.



Figura 241 - EA3 **(**Fazenda Três Lagoas), imagem datada de novembro de 2016, mostrando os efeitos de uma aplicação recente de herbicida, destinada ao preparo inicial da cultura da soja no local.



Figura 242 - EA3 **(**Fazenda Três Lagoas), imagem datada de janeiro de 2017 mostrando a cultura de soja na área



Figura 243 - EA3 **(**Fazenda Três Lagoas), imagem datada de fevereiro de 2019, mostrando a cobertura vegetal após o final da cultura da soja no local.



Figura 244 - EA3 **(**Fazenda Três Lagoas), imagem datada de agosto de 2021, mostrando a invasão local por *Eragrostis plana.*



Figura 245 - EA3 **(**Fazenda Três Lagoas), imagem datada de agosto de 2022, mostrando a situação atual da invasão por *Eragrostis plana*



Entre as espécies amostradas, três constam na Lista de espécies exóticas invasoras do Estado do Rio Grande do Sul (Portaria SEMA n° 79 de 2013), nas categorias 1 e 2, conforme

Quadro 218, abaixo. A portaria 79/2013 estabelece duas categorias de restrição impostas às espécies exóticas reconhecidas como invasoras:

Categoria 1 – Refere-se a espécies que têm proibido seu transporte, criação, soltura ou translocação, cultivo, propagação (por qualquer forma de reprodução), comércio, doação ou aquisição intencional sob qualquer forma.

Categoria 2 – Refere-se a espécies que podem ser utilizadas em condições controladas, com restrições, sujeitas à regulamentação específica.

Quadro 218 - Espécies exóticas invasoras listadas na Portaria SEMA n° 79/2013 e registradas no presente monitoramento

Família	Nome científico	Nome popular	Hábito	Categoria
Asteraceae	*Cirsium vulgare* (Savi) Ten.	Cardo	Erva	2
Poaceae	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.	Capim-bermuda	Erva	2
Poaceae	*Eragrostis plana* Nees	Capim-annoni	Erva	1

A presença de espécies exóticas como indicativo do grau de descaracterização de comunidades vegetais campestres

A compreensão das diferentes respostas da vegetação campestre frente ao manejo imposto é de vital importância para a conservação desse recurso natural, mantendo a biodiversidade, evitando a degradação do solo e assegurando a sua exploração econômica sustentável.

O impacto das ações de manejo impostas pelo homem, ao longo dos últimos quatro séculos, demanda às comunidades vegetais campestres um processo contínuo de seleção natural e/ou adaptação, que em muitos casos leva a uma degradação com perdas na diversidade de espécies.

O entendimento dos processos ecológicos e antrópicos que envolvem a dinâmica da sucessão (natural ou artificial) nos campos é fundamental para a sua preservação e conservação.

Diferentes fatores atuam e interferem nas comunidades vegetais, entre os quais podem ser citados: o fogo, o efeito da carga animal, a introdução de espécies forrageiras exóticas, a presença de espécies exóticas invasoras e o uso de defensivos agrícolas e de adubação química.

Neste sentido, a modernização da pecuária, na busca de um maior retorno financeiro em um menor período de tempo, está baseada na adoção de diferentes técnicas de melhoramento

do campo que permitam uma maior produção de proteína animal, que podem ser utilizadas isoladamente ou em conjunto, conforme o grau de intensificação do manejo. Entre essas técnicas de intensificação da atividade pecuária estão a introdução de espécies forrageiras exóticas, a adubação, o ajuste de carga animal e o pastoreio rotativo. A introdução de espécies forrageiras exóticas, aliada à mecanização do solo e à aplicação de defensivos químicos, em muitos casos transformam completamente o ecossistema campestre, tanto fisionomicamente quanto em relação à estrutura e sua composição florística.

Paralelamente, o efeito da carga animal (a pressão de pastejo) sobre a vegetação campestre, ou seja, a frequência e a intensidade do impacto sobre as partes aéreas vegetais (vegetativas e reprodutivas), se refletirá em modificações na proporção em que as diferentes plantas participam na composição florística (riqueza de espécies e grau de cobertura) de determinada área.

Segundo Nabinger et al. (2006), as forrageiras exóticas cultivadas mais importantes são gramíneas anuais de inverno, destacando-se a aveia preta (Avena strigosa) e o azevém (Lolium multiflorum); entre as forrageiras hibernais, destacam-se as leguminosas dos gêneros Trifolium, Lotus e Medicago, além de outras. Entre as forrageiras estivais, destacam-se aquelas anuais, como o milheto (Pennisetum americanum) e o sorgo (Sorghum spp.); entre as perenes, estão espécies dos gêneros Panicum, Cynodon e Brachiaria, junto com gêneros mais tradicionalmente utilizados, tais como: Digitaria, Paspalum e Pennisetum. Em menor extensão, forrageiras perenes de inverno também são cultivadas, destacando-se os gêneros Festuca, Phalaris e Dactylis.

Com o objetivo de avaliar o grau de alteração das comunidades vegetais campestres em decorrência da presença de espécies exóticas, foi estimado o percentual da cobertura vegetal total ocupado por essas espécies. Em cada uma das cinco EAs avaliadas, foi elaborada uma lista das espécies exóticas registradas e, posteriormente, foi realizado um cômputo do somatório dos graus de cobertura (segundo a escala de Braun-Blanquet adotada) do conjunto de espécies exóticas em todas as 38 parcelas amostrais. O valor obtido foi considerado em relação percentual com o somatório total dos escores de cobertura de todas as espécies amostradas (espécies nativas e não nativas). Como resultado, obteve-se um valor percentual correspondente a contribuição das espécies exóticas na cobertura vegetal total avaliada nas 38 parcelas de cada

EA. Para a presente avaliação, foram utilizados os dados de campo da campanha de inverno (agosto de 2022).

Na **EA1** (Fazenda Serra do Veleda), *Hypochaeris glabra, Cerastium glomeratum, Scoparia dulcis, Sporobolus indicus* e *Cenchrus clandestinus*, representam 9,62% da cobertura vegetal total. Neste sentido, as duas últimas espécies tiveram a maior contribuição, em especial *Cenchrus clandestinus* que isoladamente representou 7,57% da cobertura avaliada.

O capim-kikuio (*Cenchrus clandestinus*), uma espécie de origem africana e introduzida no Brasil na década de 1920, é uma Poaceae perene de porte geralmente baixo (de 40 a 60 cm), formando densos gramados de folhas estreitas e longas, com colmos enraizados extensos, com reprodução exclusivamente por rizomas e estolões. Possivelmente foi introduzida no local com o objetivo de melhorar a qualidade da pastagem.

Na **EA2** (Fazenda Três Lagoas), *Hypochaeris glabra, Cerastium glomeratum, Scoparia dulcis, Poa annua, Vulpia bromoides, Cynodon dactylon* e *Eragrostis plana* representam 22,51% da cobertura vegetal total, sendo que *Eragrostis plana* isoladamente representou 16,71% da cobertura avaliada.

Cynodon dactylon, conhecida pelo nome popular de grama-bermudas, é uma Poaceae perene, estolonífera e rizomatosa, de crescimento prostrado, com alta resistência ao pastejo e pisoteio. É uma das plantas invasoras mais espalhadas no mundo, com registros em cerca de 100 países. No Brasil é encontrada em campos nativos e manejados, lavouras anuais e pomares, sendo considerada uma invasora de difícil controle.

O capim-annoni (*Eragrostis plana*), uma gramínea originária da África do Sul e introduzida no Brasil na década de 1950 (Medeiros & Focht, 2009), é considerada uma invasora altamente agressiva. É encontrada principalmente no estado do Rio Grande do Sul, com ocorrências também nos estados de Santa Catarina e Paraná. É responsável por prejuízos econômicos importantes aos produtores rurais.

Na **EA3** (Fazenda Candiota), *Hypochaeris glabra, Cerastium glomeratum, Scoparia dulcis e Eragrostis plana* representam juntas 9,25% da cobertura do solo, sendo que a última espécie é aquela com maior contribuição (6,47%).

Na **EA4** (Chácara Santa Clara) três espécies exóticas foram registradas: *Cerastium glomeratum; Senecio madagascariensis* e *Eragrostis plana,* juntas, essas espécies representam

34,60% da cobertura vegetal total, sendo que *Eragrostis plana* teve a maior contribuição (30,41%).

Na **EA5** (Fazenda Santa Rita) *Cerastium glomeratum, Scoparia dulcis, Lolium multiflorum, Eragrostis plana* e *Cenchrus clandestinus* contribuem com 25,91% da cobertura vegetal total, tendo *Cenchrus clandestinus* com a maior contribuição (18,73%).

O quadro 215 apresenta os valores estimados para o grau de alteração das comunidades vegetais campestres em decorrência da presença de espécies exóticas, para cada uma das EAs, nos anos de 2021, 2022 e 2023.

Quadro 219 - Valores estimados para o grau de alteração das comunidades vegetais campestres em decorrência da presença de espécies exóticas, atribuídos a cada EA, para os anos de 2021, 2022 e 2023

Estação amostral	2021 (%)	2022 (%)	2023 (%)
EA1	29,63	18,80	**9,62**
EA2	40,14	38,92	**22,51**
EA3	31,07	20,07	**9,25**
EA4	57,14	46,37	**34,60**
EA5	56,06	51,11	**25,91**

Ao longo dos três anos avaliados (2021, 2022 e 2023) percebe-se uma gradual redução no grau de alteração das comunidades vegetais campestres em decorrência da presença de espécies exóticas, tal redução é, possivelmente, relacionada com a incidência recorrente de estiagens na região e a uma maior tolerância/adaptabilidade das espécies nativas à periodicidade do déficit hídrico decorrente das secas sazonais.

O processo de descaracterização florística e fisionômica dos campos nativos por espécies exóticas, especialmente aquelas de porte herbáceo, é de difícil percepção em suas fases iniciais. Ações de educação ambiental, assistência técnica, fiscalização e controle terão uma maior efetividade se realizadas nessas fases. As principais causas de tal descaracterização são a introdução deliberada de espécies exóticas, com o objetivo de "melhorar" as pastagens nativas, e a disseminação desenfreada de espécies exóticas invasoras, como no caso do capim-annoni (*Eragrostis plana*). As consequências ambientais, sociais e econômicas são amplamente

documentadas, entretanto, o controle e a erradicação dessas espécies são apenas incipientes no Brasil.

3.2.7. Qualidade ambiental das EAs

Com o objetivo de estabelecer, do ponto de vista ecológico, um *ranking* de qualidade ambiental para as diferentes EAs, foi criada uma matriz, de modo a ponderar um conjunto de critérios que expressem simultaneamente a riqueza média de espécies; a Equabilidade; a presença de espécies exóticas (um indicador da descaracterização das formações campestres nativas, ver item anterior) e o Valor de Importância (VI) da espécie exótica dominante em cada EA.

O fator considerado positivo foi a riqueza média/Equabilidade, que receberam uma valoração de 1 a 5, sendo 5 o grau para a melhor qualidade ambiental. Os critérios considerados negativos (presença de espécies exóticas e Valor de Importância (VI) da espécie exótica dominante) receberam também uma valoração de 1 a 5, sendo que 5 igualmente corresponde à melhor situação, ou seja, menor número de espécies exóticas e menor VI das espécies exóticas dominantes.

O somatório da pontuação atribuída a cada um dos critérios para cada EA corresponde ao seu grau de qualidade ambiental, isto é, quanto maior a pontuação atribuída a uma EA, melhor a sua qualidade ambiental em relação às outras EAs avaliadas.

Embora a sistemática aqui empregada envolva alguma subjetividade quanto à atribuição da pontuação de cada critério, para cada EA, ela traz também, uma possibilidade de síntese de um amplo espectro de percepções e inferências, assimiladas pelos profissionais que subscrevem o monitoramento da vegetação campestre, ao longo dos anos de desenvolvimento do presente estudo.

Quadro 220 - Valores atribuídos a cada EA segundo os seguintes critérios quantitativos.

Critério	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Riqueza média de espécies	5	4	3	2	1
Equabilidade	4	3	5	1	2
Presença de espécies exóticas	4	2	4	5	3
VI sp exótica dominante	4	3	5	1	2
Somatório	**17**	**12**	**17**	**9**	**8**

O somatório de pontos atribuídos a cada EA permitiu classificar as EAs, com valores em um intervalo de 1 a 5 (Quadro 221), em ordem crescente segundo o grau de qualidade ambiental, ou seja, 5 corresponde à qualidade máxima e 1 à qualidade mínima.

Quadro 221 - *Ranking* da qualidade ambiental atribuída a cada EA, em ordem crescente.

Qualidade ambiental (em ordem crescente)	Estação amostral	Nome
1	EA4	Fazenda Santa Rita
2	EA2	Chácara Santa Clara
3	EA5	Fazenda Três Lagoas
4	EA3	Fazenda Candiota
5	EA1	Fazenda Serra do Veleda

3.2.8. Conclusões

Os resultados obtidos no atual período de monitoramento, concomitantemente com as demais informações apuradas no período 2017-2022, aliados à experiência adquirida, consolidam o entendimento de que os resultados obtidos até o presente momento não permitem vincular, diretamente, as atividades desenvolvidas pela UTE Presidente Médici/CGTEE às mudanças na composição (e riqueza) florística das comunidades campestres sob monitoramento.

Aparentemente, as variações sazonais na riqueza de espécies mostram-se mais relacionadas às variações na precipitação pluviométrica e consequente redução na disponibilidade hídrica para as plantas. Paralelamente, a atividade humana direta parece responder pelo declínio gradual e paulatino na diversidade de espécies e consequente descaracterização das formações campestres ao longo dos anos.

As atividades humanas são diretamente responsáveis por um amplo conjunto de alterações sobre as comunidades campestres. Entre essas ações, devem ser destacadas:

- A modalidade de pecuária desenvolvida (bovina, ovina, equina ou mista) e a sua pressão de pastejo, determinada pela carga animal imposta ao campo.
- As práticas culturais aplicadas no campo, como a execução de roçadas mecânicas (corte baixo da vegetação), queimadas eventuais e a introdução de espécies forrageiras.
- A ausência de atividade pecuária (exclusão de pastejo) e o consequente estabelecimento do processo de sucessão vegetal, com modificações florísticas e fisionômicas, passando a vegetação gradualmente da situação herbácea para a herbáceo-arbustiva, a arbustiva e até mesmo a arbórea.
- A monocultura. Tradicionalmente a orizicultura e a silvicultura de *Eucaliptus* são as mais expressivas na região. A silvicultura é um importante fator de transformação da paisagem local, a perda e a fragmentação de habitats em decorrência da atividade são fenômenos, também, amplamente conhecidos e relatados na literatura especializada. A entrada recente da monocultura da soja, com a transformação da área, anteriormente utilizada na pecuária extensiva, para a monocultura dessa leguminosa, é um processo crescente e amplamente percebido na paisagem regional. A monocultura da soja, com a utilização de herbicidas em larga escala, torna a possibilidade de retorno à pecuária

tradicional um processo demorado e oneroso, com resultados econômicos/ecológicos ainda incertos.

- A presença de espécies vegetais exóticas invasoras é um dos mais importantes fatores de descaracterização ambiental. Nesse sentido, destaca-se a presença e a propagação rápida do capim-annoni (*Eragrostis plana*, Poaceae), cujo estabelecimento tem repercussões negativas (econômicas e ecológicas), já amplamente conhecidas e relatadas, tanto nos relatórios aqui apresentados quanto na literatura especializada.

3.2.9. Considerações finais

No atual contexto, não é possível vincular, diretamente, as atividades desenvolvidas pela CGTEE às mudanças na composição florística das comunidades vegetais sob monitoramento. Contudo, não deve ser descosiderada a possibilidade de efeitos funcionais (fisiológicos, por exemplo) e estruturais (anatômicos, celulares e moleculares, por exemplo) sobre as plantas individualmente, níveis de investigação que, no entanto, não constituem o propósito do presente estudo. Por outro lado, o conjunto de descritores de qualidade ambiental que vem sendo gerado nos últimos anos de monitoramento, através dos diferentes estudos realizados nos compartimentos terrestre e aquático, poderá possibilitar a detecção de futuras alterações nesses descritores, estejam eles relacionados diretamente, ou não, à geração térmica de energia elétrica.

A propagação rápida do capim-annoni (*Eragrostis plana*, Poaceae), uma espécie exótica invasora, tem repercussões econômicas e ecológicas extremamente negativas sobre o ambiente local e regional, já amplamente discutidas e relatadas. Até o presente momento, os efeitos dessa invasão constituem o mais grave fator de descaracterização e alteração da biodiversidade das formações campestres nativas monitoradas.

Paralelamente, é inegável que a intensificação da atividade agropecuária, e as práticas decorrentes, são alguns dos principais impulsionadores do declínio da biodiversidade. No contexto de uma paisagem regional altamente fragmentada, que reflete interações complexas entre diferentes conjuntos de fatores produtivos, ambientais e biológicos, as mudanças no uso da terra provocadas por humanos, especialmente a pecuária e as monoculturas de soja, arroz e eucalipto, são importantes direcionadores de padrões e processos em escala de paisagem.

Por outro lado, considerando que entre as principais atividades humanas que geram os gases causadores do chamado efeito estufa e, consequentemente, contribuem para o aquecimento global e as mudanças climáticas, está a queima de combustíveis fósseis, como é o caso do carvão mineral, principal insumo da geração termoelétrica de energia, é desejável o planejamento de uma transição energética economicamente viável, ambientalmente adequada e socialmente justa. Do ponto de vista estratégico, ações de conservação, educação ambiental e extensão rural devem ser coordenadas em nível regional, levando em conta tal perspectiva de mudanças climáticas. Neste contexto, a previsão de uma maior frequência de eventos climáticos extremos como secas ou estiagens, aumenta a probabilidade de intensificação daqueles processos na área de estudo. O presente relatório evidencia a estreita relação entre a redução na disponibilidade hídrica e a diminuição sazonal na riqueza de espécies.

Ainda, é importante relembrar que o Bioma Pampa é expressamente protegido pela Constituição do Estado do Rio Grande do Sul de 1989, que em seu artigo 251, parágrafo 1º, inciso XVI, afirma que:

> Art. 251 – Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo, preservá-lo e restaurá-lo para as presentes e futuras gerações, cabendo a todos exigir do Poder Público a adoção de medidas neste sentido.
> Parágrafo 1º – Para assegurar a efetividade desse direito, o Estado desenvolverá ações permanentes de proteção, restauração e fiscalização do meio ambiente, incumbindo-lhe, primordialmente:
> XVI – valorizar e preservar o Pampa Gaúcho, sua cultura, patrimônio genético, diversidade de fauna e vegetação nativa, garantindo-se a denominação de origem.

Ademais, a Lei Federal 12.651/2012 que institui o Novo Código Florestal Brasileiro, estabelecendo normas gerais sobre a proteção das florestas e de outras formas de vegetação. É cristalino, portanto, que o novo Código se destina à proteção não apenas de florestas, reconhecendo textualmente que essas, assim como "as demais formas de vegetação nativa", são declaradas como de utilidade às terras que revestem e, bens de interesse comum a todos os habitantes do País".

Entretanto, os atuais instrumentos políticos que apoiam e protegem a biodiversidade das formações campestres nativas ainda são fortemente constrangidos pelo chamado viés florestal da tradição conservacionista brasileira, onde apenas as grandes florestas são consideradas relevantes. Em decorrência, verificam-se importantes lacunas quanto à proteção jurídica de

campos nativos, que não recebem tratamento compatível com suas peculiaridades biológicas. A regulamentação da supressão e conversão de campos nativos para uso agropecuário é ainda incipiente.

Mais uma vez, é importante destacar que uma avaliação dos fatores que podem estar agindo sobre as alterações na qualidade ambiental regional não prescinde de uma análise/monitoramento das atividades desenvolvidas pelo conjunto de atores sociais atuantes na região. Outras atividades como: mineração de carvão, mineração de calcário, indústria cimenteira, silvicultura, monocultura da soja, vitivinicultura, olivicultura, assentamentos rurais (INCRA), saneamento urbano e gestão de resíduos sólidos podem estar gerando efeitos cumulativos e sinergéticos importantes.

Paralelamente, reafirma-se, reiterando-se uma vez mais, a importância de uma integração entre as políticas federais (IBAMA) e estaduais (FEPAM) de licenciamento, fiscalização e monitoramento. O licenciamento pontual e estratificado (no isolamento das diferentes esferas administrativas), em relação às diversas atividades desenvolvidas na região, desconsidera possíveis efeitos cumulativos e sinergéticos destas atividades. Neste sentido, uma participação mais direta do Ministério Público (federal e estadual) neste processo, poderia desempenhar um papel protagonista na defesa dos direitos coletivos a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida.

Por fim, a gestão territorial em nível de bacia hidrográfica ou de unidades de paisagem pode proporcionar tal integração, como por exemplo, na elaboração de uma matriz única de monitoramento, compartilhando entre todos os agentes sociais os custos e benefícios deste monitoramento, evitando possíveis sobreposições ou redundância de estudos, reduzindo lacunas e, sobretudo, universalizando o acesso às informações sobre a qualidade ambiental regional.

3.2.10. Relatório fotográfico

O presente relatório fotográfico documenta, ilustra e complementa as informações apresentadas no relatório de monitoramento da vegetação.

Caracterização das Estações de Amostragem

EA1 - Fazenda Serra do Veleda

Figura 1. Vista geral da área amostrada na **EA1** (Fazenda Serra do Veleda, novembro de 2022).



Figura 2. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA1**(novembro de 2022).



Figura 3. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA1** (fevereiro de 2023). Destaca-se os efeitos de uma estiagem extrema ocorrida na região no verão de 2022-2023.



Figura 4. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA1** (maio de 2023).



Figura 5. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA1** (setembro de 2023).



EA2 – Fazenda Três Lagoas

Figura 6. Vista geral da área amostrada na **EA2** (Fazenda Três Lagoas, novembro de 2022).



Figura 7. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA2**, com destaque para a elevada cobertura do solo por *Eragrostis plana* (novembro de 2022).



Figura 8. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA2** (fevereiro de 2023). Destaca-se os efeitos de uma estiagem extrema ocorrida na região no verão de 2022-2023.



Figura 9. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA2** (maio de 2023).



Figura 10. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA2** (setembro de 2023).



EA3 - Fazenda Candiota

Figura 11. Vista da **EA3** (Fazenda Candiota, novembro de 2022), com uma comunidade subarbustiva/arbustiva à direita da área amostrada.



Figura 12. Detalhe de uma parcela na **EA3** (novembro de 2022), com muitas folhas de eucaliptos que são cultivados nas proximidades do local amostrado.



Figura 13. Detalhe de uma parcela na **EA3** (fevereiro de 2023), com muitas folhas de eucaliptos que são cultivados nas proximidades do local amostrado. Destaca-se os efeitos de uma estiagem extrema ocorrida na região no verão de 2022-2023.



Figura 14. Detalhe de uma parcela na EA3 (maio de 2023), com muitas folhas de eucaliptos que são cultivados nas proximidades do local amostrado.



Figura 15. Detalhe de uma parcela na **EA3** (setembro de 2023), com muitas folhas de eucaliptos que são cultivados nas proximidades do local amostrado.



EA4 – Chácara Santa Clara

Figura 16. Vista geral da área amostrada na **EA4** (Chácara Santa Clara, novembro de 2022)



Figura 17. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA4**, com destaque para a alta cobertura do solo por *Eragrostis plana* (novembro de 2022).



Figura 18. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA4**, com destaque para a alta cobertura do solo por *Eragrostis plana* (fevereiro de 2023). Destaca-se os efeitos de uma estiagem extrema ocorrida na região no verão de 2022-2023.



Figura 19. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA4**, com ênfase na alta cobertura do solo por *Eragrostis plana* e destaque para espécies de *Oxalis* (flores brancas e amarelas) (maio de 2023).



Figura 20. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA4**, com ênfase na alta cobertura do solo por *Eragrostis plana* (setembro de 2023).



EA5 - Fazenda Santa Rita

Figura 21. Vista geral da área amostrada na **EA5** (Fazenda Santa Rita, novembro de 2022).



Figura 22. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA5** (agosto de 2022).

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br



Figura 23. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA5** (fevereiro de 2023). Destaca-se os efeitos de uma estiagem extrema ocorrida na região no verão de 2022-2023



Figura 24. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA5** (maio de 2023)



Figura 25. Detalhe de uma parcela amostrada na **EA5** (setembro de 2023)

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br



EA1 – Fazenda Serra do Veleda

Figura 26. *Nierembergia riograndensis*. (Solanaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), novembro de 2022



Figura 27. *Verbena montevidensis.* (Verbenaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), novembro de 2022..



Figura 28. *Plantago myosuros.* (Plantaginaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), novembro de 2022.



Figura 29. *Trifolium polymorphum* (Fabaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), novembro de 2022.



Figura 30. *Eragrostis neesii.* (Poaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), novembro de 2022.



Figura 31. *Chaptalia exscapa.* (Asteraceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), novembro de 2022.



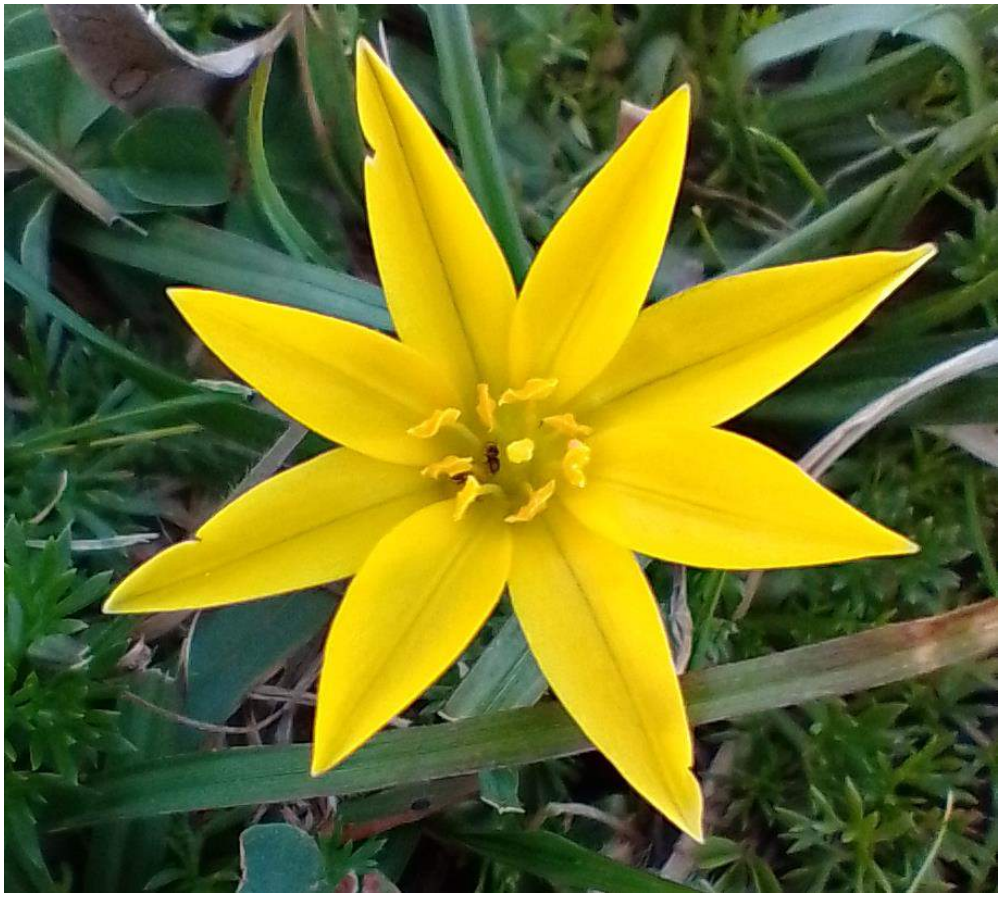
Figura 32. *Aphanes arvensis.* (Rosaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), setembro de 2023.



Figura 33. *Veronica arvensis.* (Plantaginaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), setembro de 2023.



Figura 34. *Ipheion* cf *sellowianum*. (Amarillidaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), setembro de 2023.



EA2 – Fazenda Três Lagoas

Figura 35. *Scutellaria recemosa* (Lamiaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2022.



Figura 36. *Cuphea sp.* (Lythraceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2022.



Figura 37. *Eryngium horridum* (Apiaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), maio de 2023.



Figura 38. *Gamochaeta coarctata* (Asteraceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), maio de 2023.



Figura 39. *Hypochaeris megapotamica* (Asteraceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), maio de 2023



.

Figura 40. *Oxalis brasiliensis* (Oxalidaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), maio de 2023.



Figura 41. *Oxalis sellowiana* (Oxalidaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), maio de 2023.



EA3 – Fazenda Candiota

Figura 42. *Piptochaetium montevidense.* (Poaceae) na EA3 (Fazenda Candiota), novembro de 2022.



Figura 43. *Eryngium horridum* (Apiaceae) na EA3 (Fazenda Candiota), maio de 2023.



Figura 44. *Eryngium horridum* (Apiaceae) na EA3 (Fazenda Candiota), maio de 2023.



Figura 45. *Galium ericoides***.** (Rubiaceae) na EA3 (Fazenda Candiota), maio de 2023.



Figura 46. Detalhe de *Galium ericoides***.** (Rubiaceae) na EA3 (Fazenda Candiota), maio de 2023.



Figura 47. *Evolvulus sericeus.* (Convolvulaceae) na EA3 (Fazenda Candiota), maio de 2023.



Figura 48. *Gomphrena perenis.* (Amaranthaceae) na EA3 (Fazenda Candiota), setembro de 2023.



Figura 49. *Stenandrium dulce.* (Acanthaceae) na EA3 (Fazenda Candiota), setembro de 2023.



Figura 50. *Stenandrium dulce.* (Acanthaceae) na EA3 (Fazenda Candiota), setembro de 2023. Detalhe da superfície abaxial.



Figura 51. *Aspilia montevidensis.* (Asteraceae) na EA3 (Fazenda Candiota), setembro de 2023



Figura 52. *Oxalis brasiliensis.* (Oxalidaceae) na EA3 (Fazenda Candiota), setembro de 2023.



EA4 – Chácara Santa Clara

Figura 53. *Mecardonia procumbens.* (Plantaginaceae) na EA4 (Chácara Santa Clara), novembro de 2022.



Figura 54. *Mecardonia procumbens.* (Plantaginaceae) na EA4 (Chácara Santa Clara), novembro de 2022.



Figura 55. *Ophioglossum crotalophoroides* (Ophiglossaceae) na EA4 (Chácara Santa Clara), maio de 2022.



Figura 56. Flores de *Oxalis* spp. (Oxalidaceae) na EA4 (Chácara Santa Clara), maio de 2022.



Figura 57. *Nothicastrum diffusum.* (Asteracaceae) na EA4 (Chácara Santa Clara), maio de 2022.



EA5 - Fazenda Santa Rita

Figura 58. *Soliva anthemifolia*. (Asteracaceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), novembro de 2022.



Figura 59. *Cenchrus clandestinus*. (Poaceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), novembro de 2022.



Figura 60. *Polygala puchella*. (Polygalaceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), setembro de 2023.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br



Figura 61. *Herbertia lahue.* (Iridaceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), novembro de 2022.



Figura 62. *Borreria dasycephala*. (Rubiaceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), novembro de 2022



Figura 63. *Lepidium bonariense*, (Asteraceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), novembro de 2022.



Figura 64. *Oxalis brasiliensis*. (Oxalidaceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), novembro de 2022.



Figura 65. *Rumex obtusifolius*. (Polygonaceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), maio de 2023.



Figura 66. *Bulbostylis* sp. (Cyperaceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), maio de 2023.

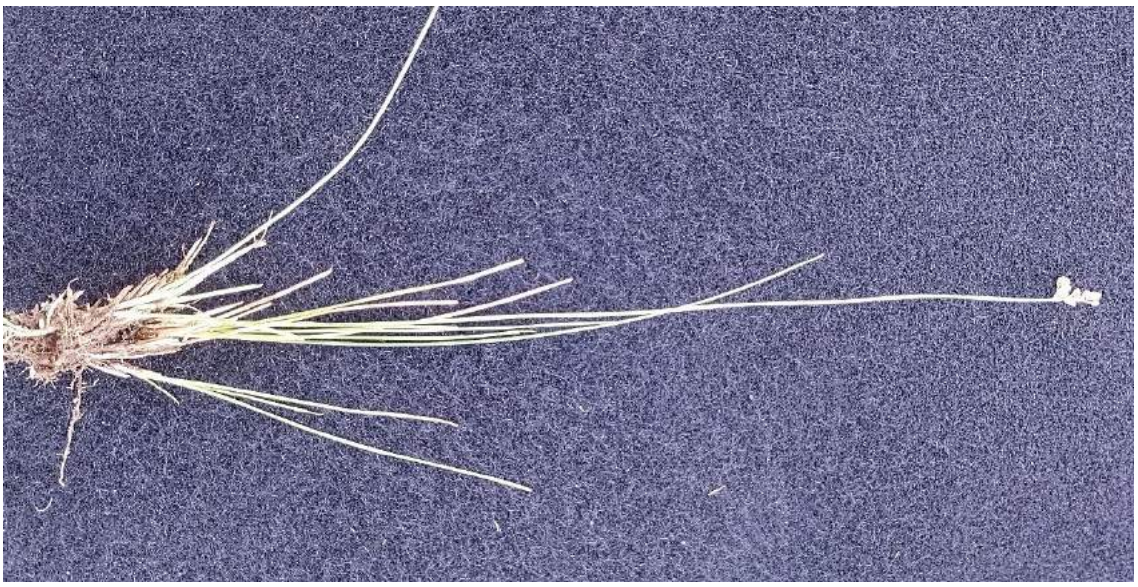


Figura 67. *Papallum notatum*. (Poaceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita) maio de 2023.



Figura 68. *Stellaria media*. (Caryophyllaceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), setembro de 2023.



Figura 69. *Veronica arvensis*. (Plantaginaceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), setembro de 2023.



Figura 70. *Nothoscordum montevidense* (Amaryllidaceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), setembro de 2023.



Figura 71. *Lepidium bonariense*. (Asteraceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), setembro de 2023.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br



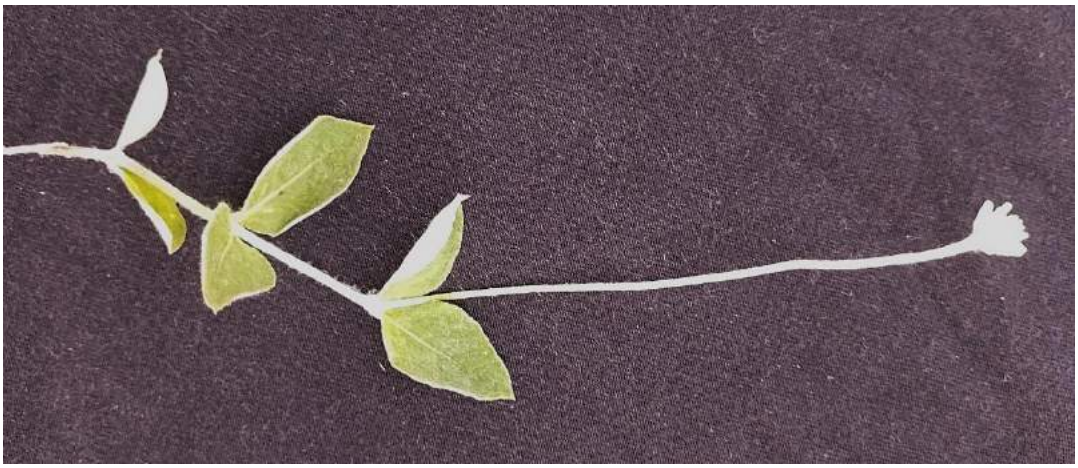
Figura 72. Detalhe de *Lepidium bonariense*. (Asteraceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), setembro de 2023.



Figura 73. *Cerastium glomeratum*. (Caryophyllaceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), setembro de 2023.



Figura 74. *Pfaffia gnaphaloides* (Asteraceae) na EA 5 (Fazenda Santa Rita), fevereiro de 2022. A espécie é classificada na categoria **Quase Ameaçada –NT**, no anexo III da Lista Oficial da Flora ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul (Decreto Estadual nº 52.109 de 19 de dezembro de 2014). A espécie já foi registrada anteriormente na EA1 (Fazenda Serra do Veleda) nos anos de 2017 e 2020.



Registros fotográficos adicionais podem ser encontrados nos Relatórios Fotográficos dos relatórios anuais de 2019, 2020, 2021 e 2022 (ver item 6.1.10, Monitoramento das

Comunidades Vegetais Campestres, Relatório Anual de 2019, Relatório Anual de 2020, Relatório Anual de 2021 e Relatório Anual de 2022).

3.2.11. Referências bibliográficas

ALTESOR, A., OESTERHELD, M., LEONI, E., LEZANA, F. Effect of grazing on community structure and productivity of Uruguayan grassland. Plant Ecology (2005) 179: 83 - 91.

BOLDRINI, I. I. Campos do Rio Grande do Sul: Caracterização Fisionômica e Problemática Ocupacional. Boletim do Instituto de Biociências, Porto Alegre, n. 56, p. 1-39, 1997.l

BOLDRINI, I.I. A Flora dos Campos do Rio Grande do Sul. In: Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade. Pillar, V.P., Müller, S.C., Castilhos, Z.M.S. & Jacques, A.V.A. (eds.) Brasília: MMA. pp. 63–77. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Instituto Nacional **de Meteorologia**, **- 8° Distrito de Meteorologia, Dados meteorológicos de Bagé/RS.** Porto Alegre no Rio Grande do Sul.7 2020.

BRASIL. Brazilian Flora 2020 project - Projeto Flora do Brasil 2020. v3. Instituto de Pesquisas Jardim Botanico do Rio de Janeiro. 2020.

CAMPESTRINI, S. (2014) Aspectos florísticos, parâmetros fitossociológicos e ecológicos no Campos de Palmas, SC/PR, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. 218 pp. 2014.

CAPORAL, F. J. M. E BOLDRINI, I. I. 2007. Florística e fitossociologia de um campo manejado na serra do sudeste, Rio Grande do Sul. R. Bras. Bioc., v. 5, n. 2-3, 37-44.

COELHO, R. W. Substâncias Fitotóxicas Presentes no Capim Annoni-2. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 21, n. 3, p. 255-263, 1986.

FERREIRA, N. R.; MEDEIROS, R. B.; SOARES, G. L. G. Avaliação Alelopática do Capim-Annoni-2 sobre a Germinação de Sementes de Gramíneas Perenes. In: Reunião do Grupo

Técnico em forrageiras do Cone Sul, 21., 2006, Pelotas. Palestras e Resumos. Pelotas, 2006a. CD-ROM.

FERREIRA, N. R.; MEDEIROS, R. B.; CARLOTTO, S. B.; FREITAS, M. R.; Padrão de Banco de Sementes em Função de Atributos de Solo em Borda Viária Dominado por Capim-Annoni-2. In: Reunião do Grupo Técnico em forrageiras do Cone Sul, 21., 2006, Pelotas. Palestras e Resumos. Pelotas, 2006b. CD-ROM.

FILHO, P. J. S. S; MACEDO, R. B.; VIEIRA, M. S.; NEVES, P. C. P. Florística e estrutura da vegetação campestre nos Campos arbustivos de São Gabriel, Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia, Série Botânica, Porto Alegre, 72(3):351-372. 2017.

GIRARDI-DEIRO, A. M., GONÇALVES, J. O. N. e GONZAGA, S. S. 1992. Campos naturais ocorrentes nos diferentes tipos de solo no Município de Bagé, RS: fisionomia e composição florística. Iheringia, Sér. Bot. 42: 55-79.

GOULART, I.C.G.R.; MEROTTO Jr, A.; PEREZ, N.B.; KALSING, A. Controle de capim-annoni-2 (*Eragrostis plana*) com herbicidas pré-emergentes em associação com diferentes métodos de manejo do campo nativo. Planta Daninha, vol.27 nº.1 Viçosa Jan./Mar. 2009.

HAMMER, Ø., HARPER, D. A. T.A. T. e RYAN, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Paleontol. Electron. 4 (1), 1-9 (doi: 101016/j.bcp. 2008.05.025).

MACEDO, W. Levantamento de reconhecimento dos solos do Município de Bagé. Bagé, EMBRAPA-UEPAE de Bagé, 1984. 69p.

MEDEIROS, J. C. L.; PILLAR, V. P.; REIS, J. C. L. Expansão de *Eragrostis plana* Ness (capim-annoni-2), no Rio Grande do Sul e Indicativos de Controle. In: Reunión del grupo técnico regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical, grupo campos, 20., 2004, Salto. Memorias. Salto, 2004b. p. 208-211.

MEDEIROS, R. B.; FOCHT, T.; FREITAS, M. R.; MENEGON, L. L. Longevidade de Sementes de Capim-Annoni-2 em Solo de Campo Natural. In: Reunião do Grupo Técnico em forrageiras do Cone Sul, 21., 2006, Pelotas, Palestras e Resumos. 2006a. CD-ROM.

MEDEIROS, R. B.; FOCTH, T. Invasão, prevenção, controle e utilização do capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) no Rio Grande do Sul, Brasil. PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, v.13, n.1-2, p.105-114, 2007.

MEDEIROS, R.B. DE E FOCHT, T. 2007. Invasão do capim-anoni (*Eragrostis plana* Nees) no bioma Pampa do Rio Grande do Sul. In: Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade. Pillar, V.P., Müller, S.C., Castilhos, Z.M.S. & Jacques, A.V.A. (eds.) Brasília: MMA. pp. 63–77. 2009.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: John Wiley. 547 p. 1974.

NABINGER, C.; CARVALHO P. C. F.; FISHER, V.; SANTOS, D. T.; RIBEIRO, A. M. L.; QUADROS, F. L. F.; CASTILHOS, Z. M. S.; POLI, C, H. E. C.; MONTEIRO, A. L. G.; GENRO, T. C. M.; JACQUES, A. V. A. Produção animal no bioma Campos Sulinos. Anais de Simpósios da 43ª Reunião Anual da SBZ, João Pessoa – PB, 2006.

PASINI, E., KATINAS, L. & RITTER, M. R. O gênero *Chaptalia* (Asteraceae, Mutisieae) no Rio Grande do Sul, Brasil. Rodriguésia 65 (1): 141 - 158. 2014.

PILLAR, V. D. 1997. Multivariate exploratory analysis, randomization testing and bootstrap resampling. Coenoses 12, 145-148.

PROJETO FLORA DO BRASIL 2020. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: https://doi.org/10.15468/1mtkaw Acessado em: 2021-10-20. 2020.

QUADROS, F. L. F., PILLAR, V. DE P. Dinâmica vegetacional em pastagem natural submetida a tratamento de queima e pastejo. Ciência Rural, v. 31, n; 5, 2001.

REIS, J. C. L. Capim annoni-2: Origem, Morfologia, Características, Disseminação. In: REUNIÃO REGIONAL DE AVALIAÇÃO DE PESQUISA COM ANNONI-2, 1991, Bagé. Anais. Bagé: EMBRAPACPPSUL, 1993. p. 5-23. EMBRAPA-CPPSUL. Documentos, 7.

REIS, J. C. L.; COELHO, R.W. Controle do Capim Annoni-2 em Campos Naturais e Pastagens. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2000a. 21p. EMBRAPA Clima Temperado, Circular Técnica, 22.

RIO GRANDE DO SUL, 2014. Lista Oficial da Flora ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul. Decreto Estadual nº 52.109 de 19 de dezembro de 2014.

SCHNEIDER, A. A. 2007. A flora naturalizada no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: herbáceas subespontâneas. Biociências, Porto Alegre, v. 15, n. 2, 257-268.

SETUBAL, R. B. E BOLDRINI, I. I. 2010. Floristic and characterization of grassland vegetation at a granitic hill in Southern Brazil. R. Bras. Bioc., v. 8, n. 1, 85-111.

SILVA, A. R., DE ANDRADE, A. L. P., VELAZCO, S. E., GALVÃO, F. E DO CARMO, M. R. B. 2016. Florística e fitossociologia em três diferentes fitofisionomias campestres no Sul do Brasil. Hoehnea, 43 (3): 325-347.

SIMPSON, E. H. 1949. Measurement of Diversity. Nature 163, 688-688. (doi: 10.1038/163688a0).

3.3. MAPEAMENTO DA COBERTURA VEGETAL

3.3.1. Metodologia

O Mapa de Cobertura Vegetal foi elaborado a partir do processamento de imagem de sensoriamento remoto. Foi utilizada uma imagem do satélite Sentinel 2A, com data de 25 de agosto de 2023. A imagem foi obtida junto à plataforma Earth Explorer do USGS (United States Geological Survey), georreferenciada no sistema de projeção UTM e *datum* WGS89, Posteriormente, a imagem foi reprojetada para o *datum* SAD69, através de rotina disponível no *software* IDRISI (Clark University, 2002).

A interpretação, identificação e quantificação dos diferentes tipos de uso e cobertura do solo, foram realizadas com o auxílio dos *softwares* IDRISI, Carta Linx e ArcGIs 10.3.1.

Para extrair as informações dos produtos de sensoriamento remoto empregaram-se técnicas de interpretação visual, baseadas em elementos usuais, tais como brilho, cor, textura, forma, tamanho, contexto e padrão (Lillesand & Kiefer 2000). Paralelamente, a realização de verificações a campo permitiu o estabelecimento das principais classes de mapeamento, o reconhecimento das fisionomias vegetais existentes, estágios de sucessão ecológica, de sua distribuição em conformidade com o relevo, com os solos e regime hidrológico associado, bem como de seu posicionamento em relação às demais modalidades de uso da terra a compor a paisagem existente na área de estudo. Os trabalhos a campo permitiram, ainda, dirimir possíveis dúvidas surgidas quando da interpretação da imagem oriunda do sensoriamento remoto e confirmar a classificação atribuída a cada classe. Os resultados são apresentados na forma de um mapa temático: O Mapa de Cobertura Vegetal referente ao ano de 2023.

3.3.2. Resultados

Os resultados do presente mapeamento são apresentados na forma tabular e de um mapa temático, o Mapa de Cobertura Vegetal.

O Quadro 222, abaixo, apresenta uma tabulação dos valores das diferentes classes de uso e ocupação do solo nos mapeamentos referentes aos anos de 2021, 2022 e 2023.

Quadro 222 - Tabulação de valores das classes de uso e ocupação do solo, referentes aos anos de 2021, 2022 e 2023. Na coluna à direita são apresentadas as variações percentuais comparativas entre classes, correspondentes aos anos de 2021 e 2022

N	Classe/ano	2023 (hectares)	2022 (hectares)	2021 (hectares)	Variação 2022-23 (%)
1	Agricultura de sequeiro	10.064,05	9.448,80	3418,53	+6,52
2	Água	508,35	543,53	519,63	-6,47
3	Banhado	16,92	16,92	16,92	0,0
4	Mosaico campo/floresta/aflor.	0	0	45,30	0,0
5	Campo degradado	10.305,69	9.197,51	10924,02	+12,05
6	Campo seco	1.995,94	3.361,04	4391,36	-40,61
7	Campo úmido	0	0	10,22	0,0
8	Mata nativa	1.099,27	1.117,55	1126,66	-1,64
9	Mineração	1.875,04	1.839,31	1814,42	+1,94
10	Orizicultura	30,95	128,40	3503,18	-75,89
11	Silvicultura	3.343,74	3.336,27	2922,82	+0,02
12	Urbano	438,14	411,10	385,11	+6,57
13	Uso agrícola misto	1.577,23	1.187,09	2177,15	+1,33
14	**Total**	31.255,32	31.255,32	31.255,32	

A classe que apresentou o maior aumento percentual foi “campo degradado”. As maiores reduções corresponderam às classes: “orizicultura” e “campo seco”.

A classe “urbano” manteve um crescimento expressivo, da mesma forma que em anos anteriores, com um valor de 6,57% no período.

A tabulação cruzada entre os resultados das diferentes classes de uso e cobertura do solo deve ser efetuada com alguma prudência. Fatores como a época de captura da imagem de sensoriamento remoto, horário e condições meteorológicas momentâneas (chuvas intensas, estiagens, inundações, etc) podem ter influências expressivas na identificação e mapeamento de algumas classes (especialmente: orizicultura, campo seco, campo úmido, agricultura de sequeiro etc.). Tabulações em séries temporais mais longas, com o descarte de eventuais valores discrepantes, fornecem resultados mais representativos da realidade avaliada. No atual período, o aumento da classe ‘campo degradado’ parece estar relacionado com a intensa estiagem ocorrida no verão de 2022-2013. Por outro lado, a continuidade do crescimento verificado na

classe “agricultura de sequeiro” reflete, uma vez mais, uma tendência regional de expansão da cultura da soja.

3.3.3. Bibliografia

CLARK LABS. **Cartalinx: The spatial data builder**. Worcester: Clark University. 1998.

CLARK UNIVERSITY. **IDRISI Kilimanjaro.** Worcester: Clark University. 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha minucipal, disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias. Acesso em 09/10/2022.

LILLESAND, T.M; KIEFER, R.W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Wiley & Sons, New York. 2000.

USGS. United States Geological Survey. **Imagem do sensor Sentinel 2A**, disponível em: EarthExplorer (usgs.gov), Acesso em 01/12/2023.

3.4. MONITORAMENTO DA AVIFAUNA

Responsável técnico: Biólogo Dr. Jan Karel Felix Mähler Junior.

Estudos de populações de aves como indicadores de alterações ambientais têm sido amplamente utilizados. Existem muitos fatores que favorecem a utilização da avifauna para a determinação da qualidade de seus ambientes: as aves estão presentes em todos os biomas, ocupando uma grande diversidade de nichos ecológicos, apresentam comportamento relativamente conspícuo, o que permite a identificação em campo sem a necessidade de captura, além de serem bem conhecidas do ponto de vista taxonômico (Graber & Graber,1976; Vielliard et al., 2010).

Este relatório contém os resultados das quatro campanhas de amostragem realizadas entre setembro de 2022 e agosto de 2023, apresentando informações sobre a composição, distribuição espaço-temporal e abundância de aves registradas na área de influência da Usina Termoelétrica Presidente Médici (UTEPM), situada no município de Candiota, RS, avaliando possíveis impactos do empreendimento à avifauna.

As campanhas foram realizadas nos dias 8 a 11 de dezembro de 2022, 11 a 13 de março de 2023, 16 a 18 de junho de 2023 e 25 a 27 de agosto de 2023.

3.4.1. Metodologia

Assim como nos anos anteriores de monitoramento, foram realizadas contagens de aves através de pontos e transectos. Estas metodologias foram intercaladas dependendo das características ambientais de cada EA, com o objetivo principal de manter uma distância mínima de 200 m entre contagens de uma mesma metodologia, evitando-se contagens duplas de um mesmo indivíduo (Blondel *et al*., 1981). Quatro pontos e dois transectos foram utilizados em cada EA para as contagens.

Toda ave ouvida ou vista durante as contagens foi considerada como um contato (Ralph, 1981; Ralph *et al.*, 1995; Aleixo & Vielliard, 1995). Os resultados obtidos são apresentados como índices de abundância para pontos – IPA (Vielliard, 2000; Anjos, 2001) e transectos - IAT, que podem ser comparados entre as diferentes amostragens.

Os nomes científicos e populares e a sequência taxonômica das espécies de aves seguiram o proposto pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos – CBRO (Pacheco *et al*., 2021). Os nomes populares das espécies de aves estão de acordo com Bencke *et al*. (2010).

Comparou-se a diversidade entre as EA através do índice de Simpson (1-D). Foi realizada uma Anova para comparar os valores de diversidade das áreas em cada campanha de amostragem.

Utilizou-se, para avaliar a similaridade entre as áreas, uma análise de agrupamento calculada a partir da matriz de dados de abundância relativa das espécies nos transectos. Para essa análise, considerou-se a maior abundância obtida para cada espécie em cada EA ao longo do ano. Foi utilizada como medida de similaridade a distância euclideana e o método de ligação por UPGMA.

Para as análises acima foi utilizado o programa Past v 1.21 (Hammer *et al*., 2008).

3.4.2. Biodiversidade: Resultados e Considerações

Foram registradas 128 espécies de aves nas quatro campanhas realizadas, divididas em 45 famílias, sendo as mais numerosas: Tyrannidae (17 espécies), Thraupidae (11 espécies), Furnariidae (10 espécies) e Icteridae (9 espécies) – Quadro 223. Considerando as campanhas realizadas desde 2007, quando teve início o monitoramento, o total acumulado chega a 210 espécies para a área de influência da UTE Presidente Médici (Anexo 1), o que representa 29,83 % do total de espécies de aves listadas para o Rio Grande do Sul por Franz *et al* (2018).

Das 128 espécies registradas, 29,69% (38 espécies) estiveram presentes em uma única EA; 16,41% (21 espécies) em duas EA; 20,31% (26 espécies) em três EA; 14,06% (18 espécies) em quatro EA; e 19,53% (25 espécies) em cinco EA (Quadro 223). O registro das espécies nas EA ao longo do ano está relacionado às fitofisionomias e à variedade de ambientes nas diferentes estações amostrais, além da maior ou menor possibilidade de detecção de cada espécie nas áreas.

Quadro 223 - Ocorrência das espécies de aves nas cinco EA no período entre setembro de 2022 e agosto de 2023**.**

Família	Nome científico	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Rheidae	*Rhea americana*	1				
Tinamidae	*Rhynchotus rufescens*			1	1	
	Nothura maculosa	1	1		1	1
Anhimidae	*Chauna torquata*		1	1	1	
Anatidae	*Amazonetta brasiliensis*	1	1	1	1	
	Anas flavirostris		1			
	Anas versicolor		1			
Cracidae	*Penelope obscura*	1				1
Podicipedidae	*Podilymbus podiceps*		1		1	
	Rollandia rolland		1			
Phalacrocoracidae	*Nannopterum brasilianus*		1			
Ardeidae	*Tigrisoma lineatum*				1	
	Ardea alba		1		1	
	Bubulcus ibis				1	
	Syrigma sibilatrix	1		1	1	
Threskiornithidae	*Plegadis chihi*	1	1		1	
	Phimosus infuscatus				1	
	Theristicus caerulescens		1	1		1
	Theristicus caudatus	1	1	1	1	1
Cathartidae	*Cathartes aura*	1	1	1	1	1

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

	Coragyps atratus	1	1	1		
Accipitridae	*Rostrhamus sociabilis*				1	
	Heterospizias meridionalis		1		1	
	Rupornis magnirostris		1	1	1	
Aramidae	*Aramus guarauna*				1	
Rallidae	*Aramides ypecaha*	1	1			
	Gallinula galeata		1			
Charadriidae	*Vanellus chilensis*	1	1	1	1	1
Recurvirostridae	*Himantopus melanurus*		1		1	
Scolopacidae	*Gallinago paraguaiae*		1			
Jacanidae	*Jacana jacana*		1		1	
Columbidae	*Columbina picui*	1	1		1	1
	Patagioenas picazuro	1	1	1	1	1
	Patagioenas maculosa	1	1			
	Zenaida auriculata	1	1	1	1	1
	Leptotila verreauxi	1	1	1	1	1
	Leptotila rufaxilla		1			
Cuculidae	*Guira guira*	1	1			1
	Tapera naevia	1				
Strigidae	*Megascops choliba*	1				
	Athene cunicularia	1				
Caprimulgidae	*Hydropsalis torquata*		1			
Trochilidae	*Hylocharis chrysura*			1	1	1

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Trogonidae	*Trogon surrucura*		1			
Alcedinidae	*Chloroceryle amazona*				1	
Picidae	*Melanerpes candidus*	1		1	1	
	Veniliornis spilogaster	1	1	1		1
	Colaptes melanochloros	1		1	1	1
	Colaptes campestris	1	1	1	1	1
Cariamidae	*Cariama cristata*	1				
Falconidae	*Caracara plancus*	1	1	1	1	1
	Milvago chimango		1			1
	Falco sparverius		1	1	1	
Psittacidae	*Pyrrhura frontalis*	1	1			1
	Myiopsitta monachus	1	1	1	1	1
Thamnophilidae	*Thamnophilus ruficapillus*	1	1	1	1	1
	Thamnophilus caerulescens		1	1	1	1
Dendrocolaptidae	*Sittasomus griseicapillus*	1				
Furnariidae	*Furnarius rufus*	1	1	1	1	1
	Syndactyla rufosuperciliata	1	1	1		1
	Phacellodomus striaticollis	1	1			
	Anumbius annumbi	1	1		1	1
	Synallaxis cinerascens	1				
	Synallaxis frontalis			1		
	Synallaxis spixi		1	1	1	
	Limnoctites rectirostris				1	

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

	Cranioleuca obsoleta					1
	Lochmias nematura		1			
Tyrannidae	*Phylloscartes ventralis*	1	1			
	Tolmomyias sulphurescens		1	1		
	Poecilotriccus plumbeiceps				1	
	Hirundinea ferruginea					1
	Camptostoma obsoletum	1	1		1	
	Elaenia obscura		1			1
	Serpophaga nigricans		1			
	Serpophaga subcristata	1	1	1		1
	Myiarchus swainsoni	1		1	1	1
	Pitangus sulphuratus	1	1	1	1	1
	Machetornis rixosa	1	1		1	1
	Myiodynastes maculatus	1	1	1		
	Tyrannus melancholicus	1		1	1	1
	Tyrannus savana	1	1	1	1	1
	Myiophobus fasciatus			1	1	
	Pyrocephalus rubinus	1	1		1	
	Xolmis irupero	1			1	
Vireonidae	*Cyclarhis gujanensis*	1	1	1	1	1
	Vireo chivi	1	1	1		1
Hirundinidae	*Pygochelidon cyanoleuca*		1		1	1
	Stelgidopteryx ruficollis		1			1

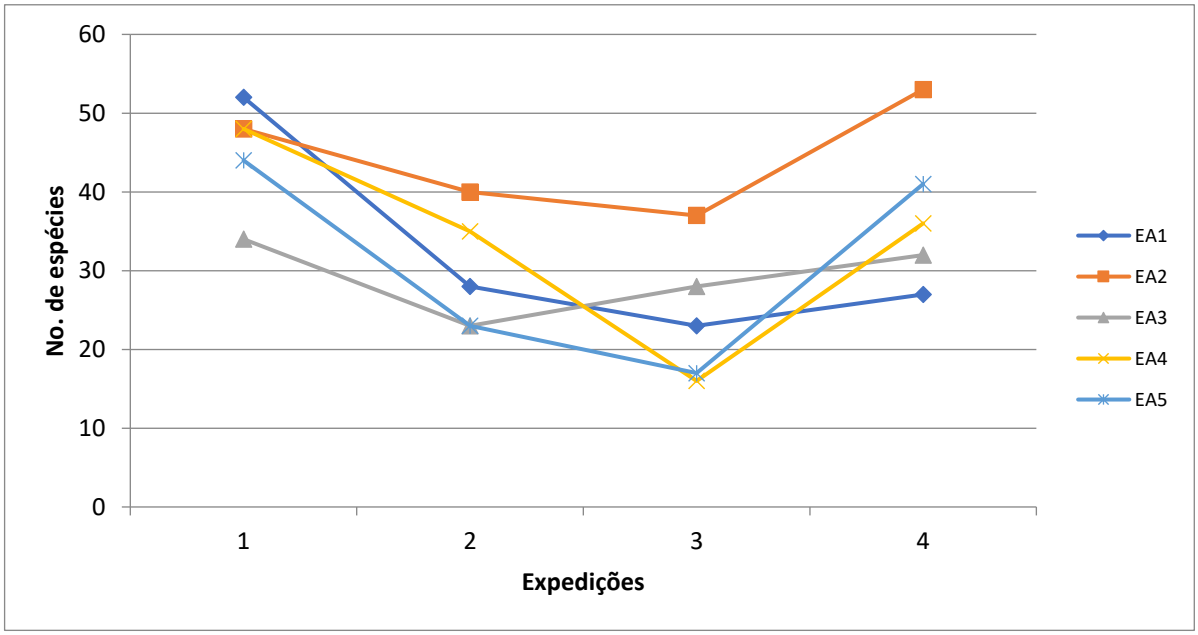
	Progne tapera	1	1	1	1	1
	Tachycineta leucorrhoa	1	1		1	1
Troglodytidae	*Troglodytes musculus*	1	1	1	1	1
Polioptilidae	*Polioptila dumicola*	1	1		1	1
Turdidae	*Turdus rufiventris*	1	1	1	1	1
	Turdus amaurochalinus	1	1	1	1	1
	Turdus subalaris	1				
	Turdus albicollis	1		1		1
Mimidae	*Mimus saturninus*	1	1		1	1
Motacillidae	*Anthus chii*		1			
	Anthus hellmayri					1
Passerilidae	*Zonotrichia capensis*	1	1	1	1	1
	Ammodramus humeralis		1		1	1
Parulidae	*Setophaga pitiayumi*	1	1	1	1	1
	Geothlypis aequinoctialis		1		1	
	Basileuterus culicivorus		1	1		1
	Myiothlypis leucoblephara	1	1	1	1	1
Icteridae	*Cacicus chrysopterus*	1	1	1		
	Icterus pyrrhopterus		1	1		
	Gnorimopsar chopi		1			
	Chrysomus ruficapillus		1			
	Pseudoleistes guirahuro				1	
	Pseudoleistes virescens	1	1			1

	Agelaioides badius	1		1	1	1
	Molothrus rufoaxillaris		1			1
	Molothrus bonariensis	1	1	1	1	1
Thraupidae	*Saltator similis*	1	1	1	1	1
	Saltator aurantiirostris	1	1		1	1
	Thraupis sayaca	1	1		1	
	Stilpnia preciosa	1				
	Stephanophorus diadematus	1	1		1	
	Paroaria coronata	1	1	1	1	1
	Rauenia bonariensis				1	
	Poospiza nigrorufa		1	1		1
	Sicalis flaveola	1	1	1	1	1
	Embernagra platensis		1			
	Sporophila caerulescens		1	1	1	
Cardinallidae	*Cyanoloxia glaucocaerulea*		1			1
Fringillidae	*Spinus magellanicus*		1	1		1
TOTAL		**71**	**93**	**56**	**73**	**62**

Houve uma flutuação na riqueza das espécies entre as campanhas de amostragem (

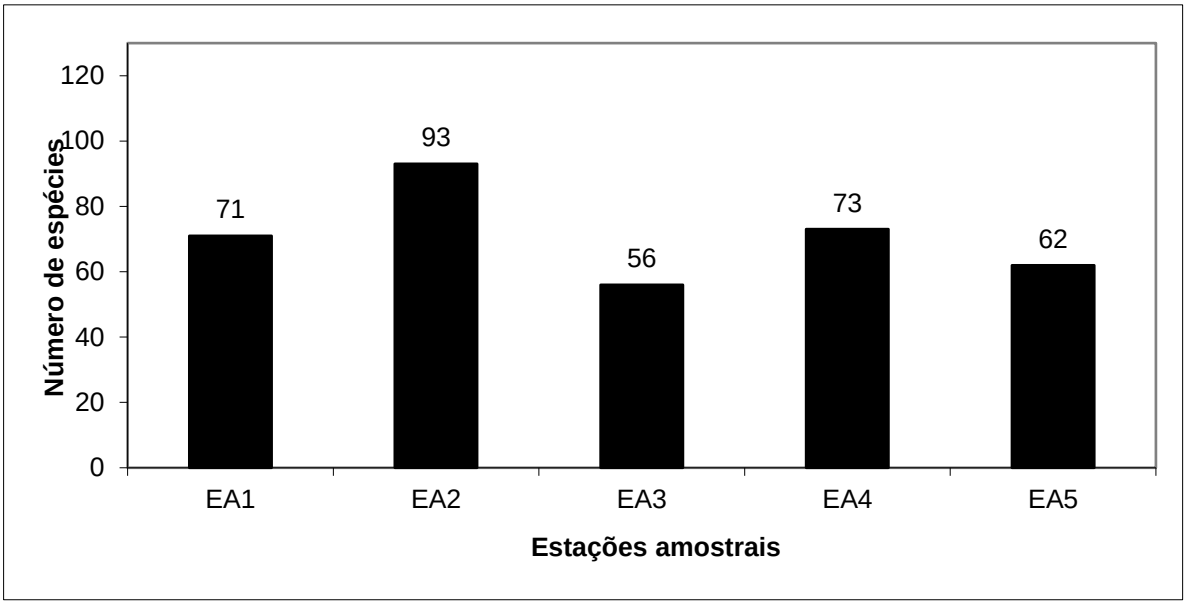
Figura 246). Em geral, isso se deve principalmente ao incremento no número de espécies com a chegada das aves migratórias de verão (ver status de permanência no RS no Anexo 1), além da conspicuidade das espécies devido às atividades de demarcação de território e período reprodutivo nas amostragens principalmente de primavera.

Figura 246 - Número de espécies de aves registrado em cada estação amostral (EA) nas campanhas realizadas em dezembro de 2022 (1), março de 2023 (2), junho de 2023 (3) e agosto de 2023 (4).



As EA2, EA4 e EA1 apresentaram os maiores totais de espécies ao longo do ano (Figura 247). Os índices de diversidade de Simpson (1-D) para as cinco EA são apresentados no Quadro 224. Não houve diferença significativa na comparação entre os índices de diversidade das EA ao longo do ano (F= 2,81; p= 0,112).

Figura 247 - Número de espécies de aves registrado nas campanhas realizadas entre dezembro de 2022 e agosto de 2023 nas cinco estações amostrais (EA) do monitoramento de fauna terrestre da Usina Termoelétrica Pres. Médici, Candiota, RS



.

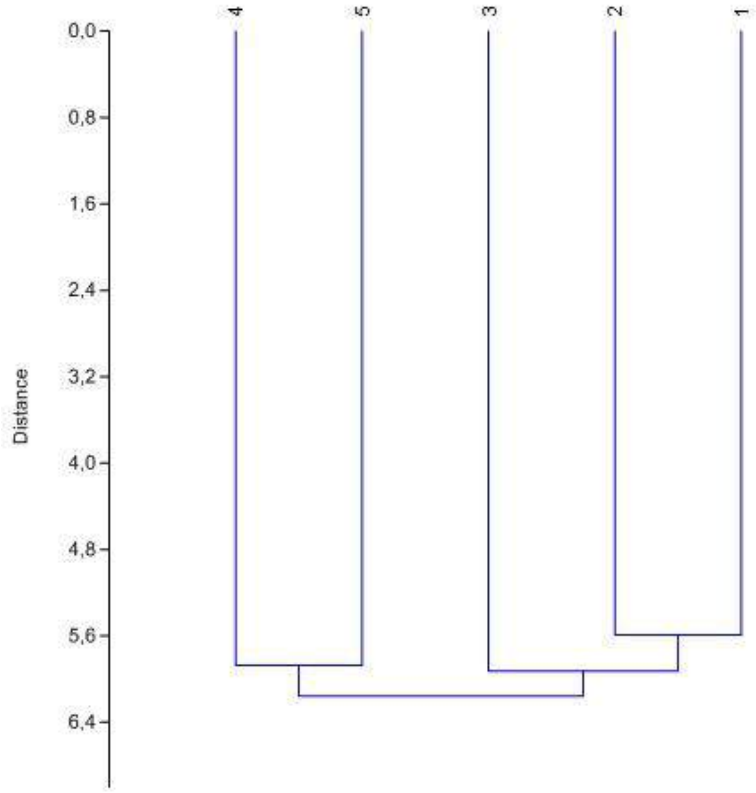
Quadro 224 - Índice de diversidade de Simpson (1-D) para as cinco EA avaliadas para o componente avifauna com base nos dados obtidos entre dezembro de 2022 e agosto de 2023.

	Campanha	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
2022	**Dezembro**	0,981	0,979	0,971	0,979	0,977
2023	**Março**	0,964	0,975	0,956	0,971	0,956
2023	**Junho**	0,956	0,973	0,964	0,937	0,941
2023	**Agosto**	0,963	0,981	0,969	0,972	0,976

A análise de agrupamento (Figura 248) fornece uma dimensão da similaridade entre as EA em termos de abundância e composição da avifauna. A EA 4 e a EA 5 apresentaram maior

similaridade entre si, assim como a EA 1 e EA 2. A EA 3, que apresenta fitofisionomia mais diferenciada entre as áreas, aparece mais isolada, com mais similaridade com a EA 1 e EA 2.

Figura 248 - Análise de agrupamento das EA (1 a 5) em função da abundância e composição da avifauna nas campanhas realizadas entre dezembro de 2022 a agosto de 2023.



Considerando os índices de abundância obtidos nos pontos de contagem (IPA) e nos transectos (IAT), as espécies mais abundantes foram: pombão (*Patagioenas picazuro*), juriti-pupu (*Leptotila verreauxi*), pomba-de-bando (*Zenaida auriculata*), caturrita (*Myiopsitta monachus*), joão-de-barro (*Furnarius rufus*), bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), corruíra (*Troglodytes musculus*), mariquita (*Setophaga pitiayumi*) e tico-tico (*Zonotrichia capensis*).

Essas aves ocupam uma gama de ambientes, habitando inclusive áreas urbanas, e durante este último ano de monitoramento apresentaram contagens expressivas em uma ou mais saídas.

Onze espécies reconhecidas como migrantes de verão (Belton, 1994; Bencke, 2001), que podem ser encontradas no Rio Grande do Sul entre o final do inverno e início do outono, foram registradas: *Hirundinea ferruginea*, *Pyrocephalus rubinus*, *Myiophobus fasciatus*, *Myiodynastes maculatus*, *Myiarchus swainsoni*, *Tyrannus savana*, *Tyrannus melancholicus*, *Vireo chivi*, *Stelgidopteryx ruficollis*, *Progne tapera* e *Turdus subalaris*. Estas espécies são consideradas comuns ou relativamente comuns, ocupando áreas campestres, capoeiras, capões, matas ciliares, áreas úmidas, áreas rurais e até mesmo cidades. O gavião-caramujeiro (*Rostrhamus sociabilis*) é considerado como "residente" no Rio Grande do Sul (Belton, 1994; Bencke, 2001), mas realiza movimentos migratórios em algumas regiões, incluindo Candiota, sendo registrado somente nos meses de primavera e verão.

O Ministério do Meio Ambiente considerou 256 táxons de aves como ameaçados de extinção no Brasil (Portaria MMA 148/2022). No Rio Grande do Sul, 91 espécies de aves encontram-se ameaçadas de extinção (Decreto Estadual 51.797/2014). Para a região em estudo, Campanha e Serra do Sudeste, pelo menos 27 espécies de aves estão categorizadas em algum grau de ameaça de extinção.

Ao longo do monitoramento, foram registradas duas espécies ameaçadas de extinção categorizadas com *status* Vulnerável no Rio Grande do Sul: o veste-amarela (*Xanthopsar flavus*) e a noivinha-de-rabo-preto (*Xolmis dominicanus*). Além destas, três espécies categorizadas como quase-ameaçadas de extinção no Estado foram registradas: arapaçu-do-espinilho (*Drymornis bridgesii*), junqueiro-de-bico-reto (*Limnoctites rectirostris*) e coleiro-do-brejo (*Sporophila collaris*) – Decreto Estadual 51.797/2014. A categoria "quase ameaçada" inclui as espécies que presentemente não satisfazem os critérios para ingressar nas categorias formais de ameaça – criticamente em perigo, em perigo ou vulnerável, mas estão perto de se enquadrar ou é provável que se enquadrem em uma dessas categorias de ameaça em um futuro próximo.

3.4.3. Comentários Finais

A metodologia aplicada no monitoramento ao longo dos anos vem contribuindo na avaliação da interferência das transformações da paisagem sobre a avifauna. As principais transformações da paisagem resultantes das atividades do empreendimento são decorrentes da remoção da vegetação existente, abertura de grandes cavas e deposição de solo em áreas alternativas, e impactos aos recursos hídricos e áreas ciliares. De forma adicional, perturbações secundárias podem causar prejuízo à avifauna, como o ruído provocado por detonações e aumento do fluxo de veículos pesados. Estes impactos além de afetar diretamente as áreas de extração, alcançam também extensões variáveis das áreas adjacentes, incluindo as EA desse estudo, principalmente a EA 2 e EA 5, que estão próximas a grandes cavas para extração de carvão.

Alterações no uso do solo nas propriedades, principalmente relacionadas à conversão de áreas de campo para plantio de extensos monocultivos, também podem contribuir para a modificação na composição e abundância de aves em cada EA. Ressalta-se que esses são efeitos adicionais não estão relacionados às atividades da Usina Termoelétrica Presidente Médici.

Ao longo deste último ano, tanto a riqueza nas estações amostrais como a abundância de algumas espécies foi menor em comparação a anos anteriores de monitoramento. A explicação mais plausível para essa diminuição são os efeitos climáticos decorrentes de anos sucessivos de estiagem no Rio Grande do Sul, principalmente nos meses de verão, mas com efeitos ao longo de vários meses do ano. Esse período prolongado de seca, com chuvas pontuais em períodos curtos do ano, ocasionou transformações em vários ambientes nas estações amostrais, secando completamente algumas áreas úmidas e pequenos açudes e banhados, prejudicando a permanência de algumas espécies.

Para uma avaliação detalhada da bioacumulação de metais pesados na avifauna, recomenda-se no futuro a realização de um estudo abrangente e integrado, considerando potenciais fontes de impacto provenientes da Usina Termoelétrica Presidente Médici e de outros empreendimentos similares na região e inclusão de efeitos originários de práticas agrícolas, discutindo-se previamente a extensão da área a ser contemplada nesse monitoramento.

3.4.4. Referências Bibliográficas

ALEIXO, A.; VIELLIARD, J. M. E. 1995. Composição e dinâmica da comunidade de aves da Mata de Santa Genebra, Campinas, SP. Revista Brasileira de Zoologia 12, 493-511.

ANJOS, L. dos. 2001. Bird communities in five Atlantic Forest fragments in Southern Brazil. Ornitologia Neotropical 12, 11-27.

BELTON, W. 1994. Aves do Rio Grande do Sul, distribuição e biologia. São Leopoldo: Editora Unisinos.

BENCKE, G. A. 2001. Lista de referência das aves do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FZB. 104p.

BENCKE, G. A.; DIAS, R. A.; BUGONI, L.; AGNE, C. E.; FONTANA, C. S.; MAURÍCIO, G. N.; MACHADO, D. B. 2010. Revisão e atualização da lista das aves do Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia, Sér. Zoologia, Porto Alegre, 100 (4): 519-556.

BLONDEL, J.; FERRY, C.; FROCHOT, B. 1981. Point counts with unlimited distance. p. 414-420. In: Ralph, C. J., Scott, J. M. (Eds.). Estimating numbers of terrestrial birds. Studies in Avian Biology 6. Lawrence: Cooper Ornithological Society.

FRANZ, I.; AGNE, C. E.; BENCKE, G. A.; BUGONI, L.; DIAS, R. A. 2018. Four decades after Belton: a review of records and evidences on the avifauna of Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia*, Sér. Zoologia, Porto Alegre, 108: 1-38.

GRABER, J. W.; GRABER, R. R. 1976. Environmental evaluations using birds and their habitats. Illinois Natural History Survey Bulletin: 1-39 p.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. 2008. PAST 1.84: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Paleontological Electronica 4 (1).

PACHECO, J. F.; SILVEIRA, L. F.; ALEIXO, A.; AGNE, C. E.; BENCKE, G. A.; BRAVO, G. A; BRITO, G. R. R.; COHN-HAFT, M.; MAURICIO, G. N.; NAKA, L. N.; OLMOS, F.; POSSO, S.; LEES, A. C.; FIGUEIREDO, L. F. A.; CARRANO, E.; GUEDES, R. C.; CESARI, E.; FRANZ, I.; SCHUNCK, F.; PIACENTINI, V. Q. 2021. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee – second edition. Ornithology Research, 29(2)

RALPH, C. J. 1981. Terminology used in estimating numbers of birds. p. 577-578. In: Ralph, C. J., Scott, J. M. (Eds.). Estimating numbers of terrestrial birds. Studies in Avian Biology 6. Lawrence: Cooper Ornithological Society.

RALPH, C. J.; DROEGE, S.; SAUER, J. 1995. Managing and monitoring birds using point counts: standards and applications. p. 161-168. In: Ralph, C. J., Droege, S., Sauer, J. (Eds.). Monitoring Bird Populations by Point Counts. Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Albany.

VIELLIARD, J. M. 2000. Bird community as an indicator of biodiversity: results from quantitative surveys in Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 72 (3): 323-330.

VIELLIARD, J. M. E.; ALMEIDA, M. E. C.; ANJOS, L.; SILVA, W. R. 2010. Levantamento quantitativo por pontos de escuta e o Índice Pontual de Abundância (IPA). In: S. V. Matter, F. C. Straube, I. Accordi,

V. Piacentini, J. F. Cândido-Jr. (orgs.). Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento. Rio de Janeiro: Technical Books. 516 p.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Anexo 1. Lista cumulativa das espécies de aves ocorrentes na área de influência da UTE Pres. Médici, Candiota, RS. *Status*: (R) residente; (M) residente de primavera/verão migratório; (S) visitante migratório de inverno vindo do Cone Sul do continente; (#) *status* assumido, mas não confirmado (segundo Belton, 1994; Bencke, 2001).

			Status
Família	Nome científico	Nome comum	RS
Rheidae	*Rhea americana*	ema	R
Tinamidae	*Rhynchotus rufescens*	perdigão	R
	Nothura maculosa	perdiz	R
Anhimidae	*Chauna torquata*	tachã	R
Anatidae	*Dendrocygna viduata*	irerê	R
	Amazonetta brasiliensis	marreca-pé-vermelho	R
	Anas flavirostris	marreca-pardinha	R
	Anas georgica	marreca-parda	R
	Anas versicolor	marreca-cricri	R
Cracidae	*Penelope obscura*	jacuaçu	R
	Ortalis guttata	araquã	R
Podicipedidae	*Rollandia rolland*	mergulhão-de-orelhas-brancas	R
	Podilymbus podiceps	mergulhão	R
Ciconiidae	*Ciconia maguari*	joão-grande	R
	Mycteria americana	cabeça-seca	M
Phalacrocoracidae	*Nannopterum brasilianus*	biguá	R
Anhingidae	*Anhinga anhinga*	biguatinga	R
Ardeidae	*Tigrisoma lineatum*	socó-boi-verdadeiro	R
	Nycticorax nycticorax	savacu	R

	Butorides striata	socozinho	M
	Bubulcus ibis	garça-vaqueira	R
	Ardea cocoi	garça-moura	R
	Ardea alba	garça-branca-grande	R
	Syrigma sibilatrix	maria-faceira	R
	Egretta thula	garça-branca-pequena	R
Threskiornithidae	*Plegadis chihi*	maçarico-preto	R
	Phimosus infuscatus	maçarico-de-cara-pelada	R
	Theristicus caerulescens	maçarico-real	R
	Theristicus caudatus	curicaca	R
	Platalea ajaja	colhereiro	R
Cathartidae	*Cathartes aura*	urubu-de-cabeça-vermelha	R
	Cathartes burrovianus	urubu-de-cabeça-amarela	R
	Coragyps atratus	urubu-de-cabeça-preta	R
Accipitridae	*Elanus leucurus*	gavião-peneira	R
	Circus buffoni	gavião-do-banhado	R
	Accipiter striatus	gaviãozinho	M#
	Rostrhamus sociabilis	gavião-caramujeiro	R
	Heterospizias meridionalis	gavião-caboclo	R
	Rupornis magnirostris	gavião-carijó	R
	Geranoaetus albicaudatus	gavião-de-cauda-branca	R
Aramidae	*Aramus guarauna*	carão	R
Rallidae	*Aramides ypecaha*	saracuraçu	R
	Aramides cajaneus	saracura-três-potes	R
	Aramides saracura	saracura-do-mato	R
	Pardirallus sanguinolentus	saracura-do-banhado	R

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

	Gallinula galeata		galinhola	R
	Porphyriops melanops		frango-d´água-carijó	R
Charadriidae	*Vanellus chilensis*		quero-quero	R
	Charadrius collaris		batuíra-de-coleira	R
	Oreopholus ruficollis		batuíra-de-papo-ferrugíneo	S
Recurvirostridae	*Himantopus melanurus*		pernilongo	R
Scolopacidae	*Gallinago paraguaiae*		narceja	R
	Tringa melanoleuca	amarela	maçarico-grande-de-perna-	M
Jacanidae	*Jacana jacana*		jaçanã	R
Laridae	*Chroicocephalus maculipennis*		gaivota-maria-velha	R
	Chroicocephalus cirrocephalus		gaivota-de-cabeça-cinza	R
Columbidae	*Columbina talpacoti*		rolinha-roxa	R
	Columbina picui		rolinha-picuí	R
	Patagioenas picazuro		pombão	R
	Patagioenas maculosa		pomba-do-orvalho	R
	Patagioenas cayennensis		pomba-galega	M#
	Zenaida auriculata		pomba-de-bando	R
	Leptotila verreauxi		juriti-pupu	R
	Leptotila rufaxilla		juriti-gemedeira	R
Cuculidae	*Piaya cayana*		alma-de-gato	R
	Coccyzus melacoryphus		papa-lagarta-verdadeiro	M
	Crotophaga ani		anu-preto	R
	Guira guira		anu-branco	R
	Tapera naevia		saci	R
Strigidae	*Megascops choliba*		corujinha-do-mato	R

	Bubo virginianus	jacurutu	R
	Athene cunicularia	coruja-do-campo	R
Caprimulgidae	*Hydropsalis parvula*	bacurau-pequeno	R
	Hydropsalis torquata	bacurau-tesoura	R
	Podager nacunda	corucão	M
Trochilidae	*Chlorostilbon lucidus*	besourinho-de-bico-vermelho	R
	Hylocharis chrysura	beija-flor-dourado	R
Trogonidae	*Trogon surrucura*	surucuá-variado	R
Alcedinidae	*Megaceryle torquata*	martim-pescador-grande	R
	Chloroceryle amazona	martim-pescador-verde	R
	Chloroceryle americana	martim-pescador-pequeno	R
Ramphastidae	*Ramphastos toco*	tucanuçu	R
Picidae	*Picumnus nebulosos*	pica-pau-anão-carijó	R
	Melanerpes candidus	pica-pau-branco	R
	Veniliornis spilogaster	picapauzinho-verde-carijó	R
	Colaptes melanochloros	pica-pau-verde-barrado	R
	Colaptes campestris	pica-pau-do-campo	R
Cariamidae	*Cariama cristata*	seriema	R
Falconidae	*Caracara plancus*	caracará	R
	Milvago chimachima	carrapateiro	R
	Milvago chimango	chimango	R
	Falco sparverius	quiriquiri	R
	Falco femoralis	falcão-de-coleira	R
Psittacidae	*Psittacara leucophthalmus*	maracanã-malhada	R
	Pyrrhura frontalis	tiriba-de-testa-vermelha	R
	Myiopsitta monachus	caturrita	R

Thamnophilidae	*Thamnophilus ruficapillus*	choca-de-boné-vermelho	R
	Thamnophilus caerulescens	choca-da-mata	R
	Mackenziaena leachii	brujarara-assobiador	R
Rhinocryptidae	*Scytalopus pachecoi*	tapaculo-ferreirinho	R
Dendrocolaptidae	*Sittasomus griseicapillus*	arapaçu-verde	R
	Drymornis bridgesii	arapaçu-do-espinilho	R
Furnariidae	*Furnarius rufus*	joão-de-barro	R
	Lochmias nematura	joão-porca	R
	Heliobletus contaminatus	trepadorzinho	R
	Syndactyla rufosuperciliata	trepador-quiete	R
	Phacellodomus striaticollis	tio-tio	R
	Phacellodomus ferrugineigula	joão-botina	R
	Anumbius annumbi	cochicho	R
	Schoeniophylax phryganophilus	bichoita	R
	Synallaxis ruficapilla	pichororé	R
	Synallaxis cinerascens	pi-puí	R
	Synallaxis frontalis	petrim	R
	Synallaxis spixi	joão-teneném	R
	Limnoctites rectirostris	junqueiro-de-bico-reto	R
	Cranioleuca obsoleta	arredio-oliváceo	R
Tityridae	*Pachyramphus viridis*	caneleirinho-verde	R
	Pachyramphus polychopterus	caneleirinho-preto	M
Rhynchocyclidae	*Phylloscartes ventralis*	borboletinha-do-mato	R
	Tolmomyias sulphurescens	bico-chato-de-orelha-preta	R
	Poecilotriccus plumbeiceps	tororó	R

Tyrannidae	*Hirundinea ferruginea*	birro	M
	Camptostoma obsoletum	risadinha	R
	Elaenia flavogaster	guaracava-de-barriga-amarela	R
	Elaenia parvirostris	guaracava-de-bico-curto	M
	Elaenia mesoleuca	tuque	M
	Elaenia obscura	tucão	R
	Serpophaga nigricans	joão-pobre	R
	Serpophaga subcristata	alegrinho	R
	Myiarchus swainsoni	irré	M
	Pitangus sulphuratus	bem-te-vi	R
	Machetornis rixosa	suriri-cavaleiro	R
	Myiodynastes maculatus	bem-te-vi-rajado	M
	Megarynchus pitangua	neinei	M
	Tyrannus melancholicus	suiriri	M
	Tyrannus savana	tesourinha	M
	Empidonomus varius	peitica	M
	Myiophobus fasciatus	filipe	R
	Pyrocephalus rubinus	príncipe	M
	Lathrotriccus euleri	enferrujado	M
	Knipolegus cyanirostris	maria-preta-de-bico-azulado	R
	Knipolegus lophotes	maria-preta-de-penacho	R
	Satrapa icterophrys	suiriri-pequeno	R
	Xolmis cinereus	primavera	R
	Xolmis irupero	noivinha	R
	Xolmis dominicanus	noivinha-de-rabo-preto	R
Vireonidae	*Cyclarhis gujanensis*	pitiguari	R

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

	Vireo chivi	juruviara	M
Corvidae	*Cyanocorax caeruleus*	gralha-azul	R
	Cyanocorax chrysops	gralha-picaça	R
Hirundinidae	*Pygochelidon cyanoleuca*	andorinha-pequena-de-casa	R
	Stelgidopteryx ruficollis	andorinha-serradora	M
	Progne tapera	andorinha-do-campo	M
	Progne chalybea	andorinha-doméstica-grande	M
	Tachycineta leucorrhoa	andorinha-de-testa-branca	R
Troglodytidae	*Troglodytes musculus*	curruíra	R
	Cistothorus platensis	curruíra-do-campo	D
Polioptilidae	*Polioptila dumicola*	balança-rabo-de-máscara	R
Turdidae	*Turdus leucomelas*	sabiá-barranco	R#
	Turdus rufiventris	sabiá-laranjeira	R
	Turdus amaurochalinus	sabiá-poca	R
	Turdus subalaris	sabiá-ferreiro	M
	Turdus albicollis	sabiá-coleira	R
Mimidae	*Mimus saturninus*	sabiá-do-campo	R
	Mimus triurus	calhandra-de-três-rabos	S
Motacillidae	*Anthus lutescens*	caminheiro-zumbidor	R
	Anthus correndera	caminheiro-de-espora	R
	Anthus hellmayri	caminheiro-de-barriga-acanelada	R
Passerellidae	*Zonotrichia capensis*	tico-tico	R
	Ammodramus humeralis	tico-tico-do-campo	R
Parulidae	*Setophaga pitiayumi*	mariquita	R
	Geothlypis aequinoctialis	pia-cobra	R

	Basileuterus culicivorus	pula-pula	R
	Myiothlypis leucoblephara	pula-pula-assobiador	R
Icteridae	*Cacicus chrysopterus*	tecelão	R
	Icterus pyrrhopterus	encontro	R
	Gnorimopsar chopi	chopim	R
	Amblyramphus holosericeus	cardeal-do-banhado	R
	Chrysomus ruficapillus	garibaldi	R
	Xanthopsar flavus	veste-amarela	R
	Pseudoleistes guirahuro	chopim-do-brejo	R
	Pseudoleistes virescens	dragão	R
	Agelaioides badius	asa-de-telha	R
	Molothrus rufoaxillaris	vira-bosta-picumã	R
	Molothrus bonariensis	vira-bosta	R
	Sturnella superciliaris	polícia-inglesa-do-sul	R
Thraupidae	*Coereba flaveola*	cambacica	R
	Tangara sayaca	sanhaçu-cinzento	R
	Tangara preciosa	saíra-preciosa	R
	Stephanophorus diadematus	sanhaçu-frade	R
	Paroaria coronata	cardeal	R
	Pipraeidea melanonota	saíra-viúva	R
	Pipraeidea bonariensis	sanhaçu-papa-laranja	R
	Sicalis flaveola	canário-da-terra-verdadeiro	R
	Sicalis luteola	tipio	R
	Emberizoides herbicola	canário-do-campo	R
	Embernagra platensis	sabiá-do-banhado	R
	Volatinia jacarina	tiziu	R

	Sporophila collaris	coleiro-do-brejo	R
	Sporophila caerulescens	coleirinho	R
	Saltator similis	trinca-ferro-verdadeiro	R
	Saltator aurantiirostris	bico-duro	R
	Poospiza nigrorufa	quem-te-vestiu	R
	Microspingus cabanisi	tico-tico-da-taquara	R
	Donacospiza albifrons	tico-tico-do-banhado	R
Cardinalidae	*Piranga flava*	sanhaçu-de-fogo	M
	Cyanoloxia glaucocaerulea	azulinho	R
	Cyanoloxia brissonii	azulão-verdadeiro	R
Fringillidae	*Spinus magellanicus*	pintassilgo	R
	Euphonia chlorotica	fim-fim	R

3.5. HERPETOFAUNA

Responsável Técnico: Jorge Sebastião Bernardo-Silva - CRBio 45206-03D

O monitoramento da Herpetofauna foi realizado como parte integrante do Programa de Monitoramento Ambiental na Região de Influência da Usina Termelétrica de Candiota, Município de Candiota/RS. O presente relatório apresenta os dados qualitativos e quantitativos alcançados em quatro campanhas de monitoramento em cinco Estações Amostrais (EA 1 UTM 262163 / 6503935 Serra da Veleda (EA de referência – grupo externo), EA 2 UTM 241561 / 6501179 Fazenda Três Lagoas, EA 3 UTM 243736 / 6510363 Fazenda Candiota, EA 4 UTM 248153 / 6509846 Nordeste e EA 5 UTM 249292 / 6503784 Sudeste) realizadas entre dezembro de 2022 e agosto de 2023 de acordo com os mesmos métodos desde o início deste monitoramento.

De acordo com o termo de referência, os seguintes objetivos são listados:

- Caracterizar a comunidade de répteis e anfíbios existentes na área de influência da Usina Termelétrica de Candiota, quanto à composição, distribuição espaço-temporal, abundância e dominância das espécies;
- Identificar espécies ameaçadas de extinção;
- Identificar espécies de interesse econômico;

Os objetivos com a investigação e levantamento da herpetofauna são os de identificar as ações das emissões da chaminé da Usina Termelétrica de Candiota nestas comunidades faunísticas. Verificar se existe ação das emissões que afetem a composição e abundância dos organismos nas áreas de influência direta, através das unidades amostrais predeterminadas pelo termo de referência.

3.5.1. Metodologia

As quatro campanhas realizadas (ver relatórios parciais) contemplam as quatro estações ocorrentes para a região subtropical (primavera (campanha de dezembro de 2022), verão (campanha de março de 2023), outono (campanha de junho de 2023) e inverno (campanha de

agosto de 2023)). A metodologia empregada contempla as estratégias amostrais segundo o plano de monitoramento.

3.5.2. Análise de dados

Para verificar se havia diferenças na composição e abundâncias entre Estações Amostrais foram obtidas as matrizes de riqueza e abundância para anuros e répteis para cada Estação Amostral em cada uma das quatro campanhas utilizando o método de classes de machos vocalizando (ver relatórios parciais) para anfíbios e número de indivíduos para répteis, para isso, foi feito uma medida de semelhança entre unidades amostrais (distância Euclidiana) e feito uma MANOVA em blocos com testes de aleatorizações com 100 iterações (Pillar & Orlóci 1996). Para esta análise, cada período amostral foi agrupado em blocos. Foi utilizada uma análise de cluster (UPGMA) baseado na distância Euclidiana para classificar as Estações amostrais em relação a composição e abundância das espécies (Legendre & Legendre 1998). Metodologia empregada em todos os relatórios anteriores.

Com os mesmos dados da medida de semelhança entre as áreas foi feita uma ordenação utilizando análises de coordenadas principais (PCoA). Esta matriz foi submetida a uma análise de correspondência (Legendre and Legendre 1998). O UPGMA foi feito através do programa Statistica 12.0 (Statsoft, Inc. 2014). O PCoA foi feito através do programa SigmaPlot 11 (Systat Software, San Jose, CA) (Anon, 2006) todas demais análises foram feitas com a utilização do programa MULTIV 2.4 (Pillar, 2004).

3.5.3. Resultados

Foram registradas 7 espécies de anfíbios e 3 de répteis para as cinco estações amostrais de trabalho. Os anfíbios encontrados estão agrupados em 2 famílias (Hylidae e Leptodactylidae) e répteis em 3 famílias (Colubridae, Teidade e Viperidae). A análise de agrupamentos (Cluster) demonstra a relação entre as áreas baseadas na composição abundância de assembleias com $p = 1$ para anfíbios e répteis (Figura 249 e Figura 250) não demonstrando ser significativo tanto para anfíbios quanto para répteis. Esse resultado mostra o agrupamento entre as comunidades e deixa bastante claro como a EA3 (Fazenda Candiota) é grupo externo tanto para répteis quanto

anfíbios. Os dois primeiros eixos da análise de correspondência explicam 78% da variação da frequência de espécies de anfíbios descritas pelas áreas (Figura 251) e devido ao baixo N para répteis, a análise de correspondência não apresentou resultados.

Quadro 225 - Espécies de anfíbios encontrados nas estações amostrais no trabalho de monitoramento ambiental para a usina termelétrica de Candiota realizadas entre novembro de 2021 e agosto de 2022. E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste).

Família/Espécie	Nome popular	E.A. 1	E.A. 2	E.A. 3	E.A. 4	E.A. 5
ANFÍBIOS						
HYLIDAE						
Boana pulchella	perereca-do-banhado	2				1
Dendropsophus minutus	perereca	2		1	3	1
Pseudis minuta	perereca	2				
Scinax fuscovarius	raspa-de-cuia		1			
LEPTODACTYLIDAE						
Leptodactylus luctator	rã-manteiga	3			1	1
Leptodactylus gracilis	rã	4	1			
Physalaemus biligonigerus	rã-chorona	2		3	3	1

Quadro 226 - Espécies de répteis encontrados nas estações amostrais no trabalho de monitoramento ambiental para a usina termelétrica de Candiota realizadas entre novembro de 2021 e agosto de 2022. E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste).

Família/Espécie	Nome popular	E.A. 1	E.A. 2	E.A. 3	E.A. 4	E.A. 5
Répteis						
COLUBRIDAE						
Chironius bicarinatus	cobra-cipó-verde			1		
VIPERIDAE						
Bothrops alternatus	cruzeira					1
TEIDAE						
Salvator merianae	teíu	1		1		

Figura 249 - Dendrograma (UPGMA) das cinco Estações amostrais descritas pelas espécies de anfíbios. Através da autoreamostragem (Bootstrap) (p = 1). Áreas; 1= E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); 2=E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); 3=E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); 4=E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); 5=E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste).

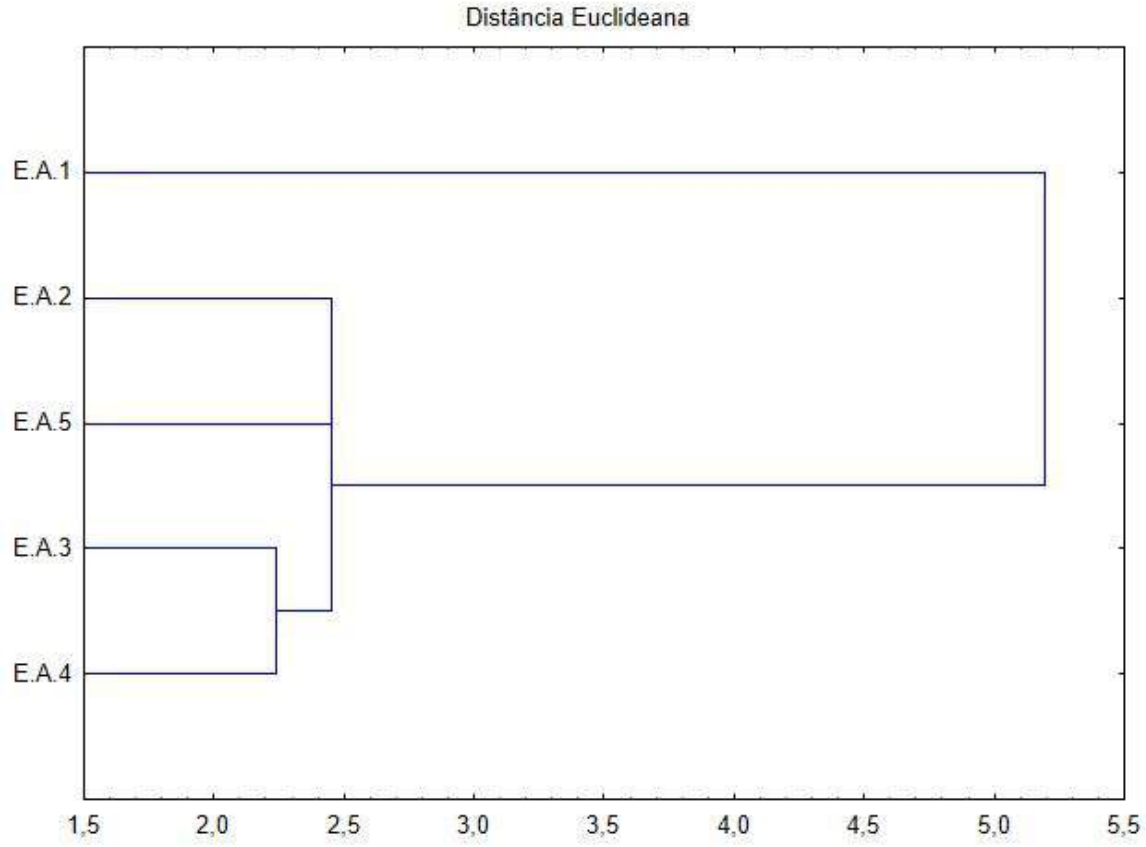


Figura 250 - Dendrograma (UPGMA) das cinco Estações amostrais descritas pelas espécies de répteis. Através da autoreamostragem (Bootstrap) **(*p* = 1)**. Áreas; 1= E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); 2=E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); 3=E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); 4=E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); 5=E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste)

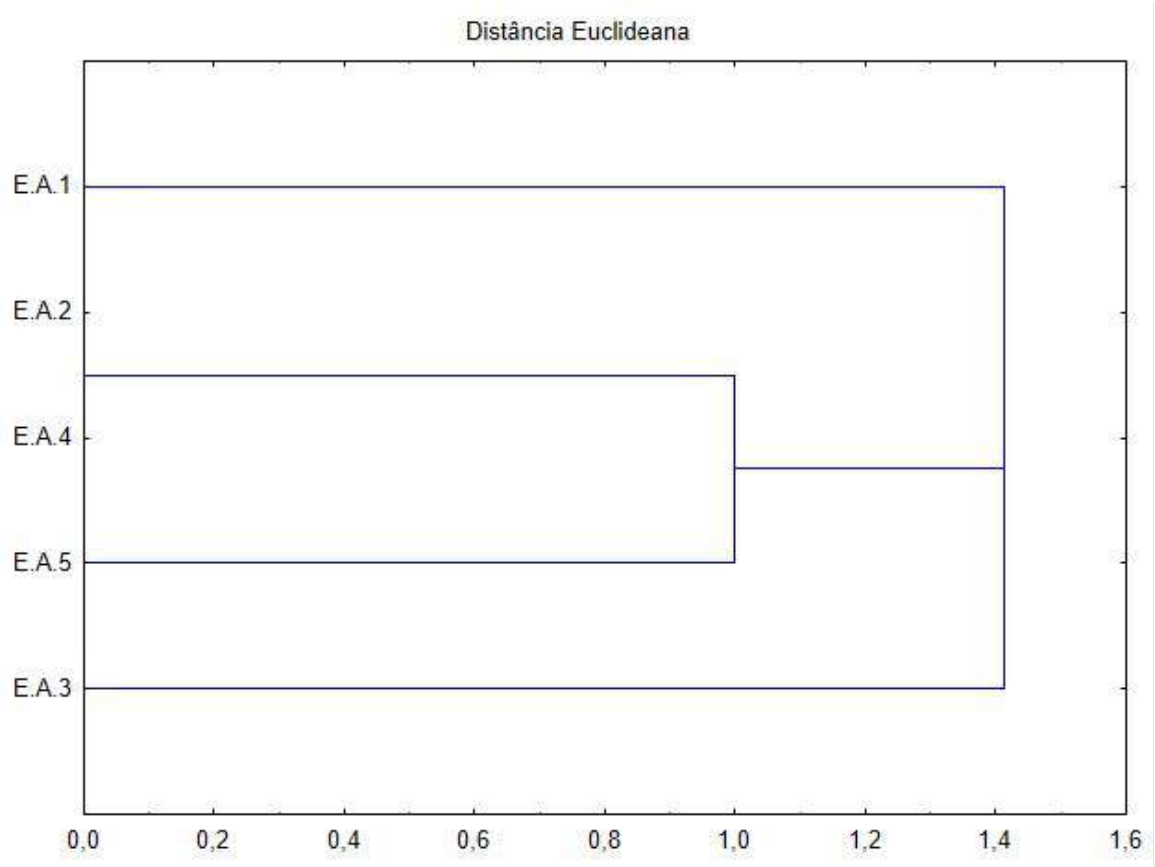
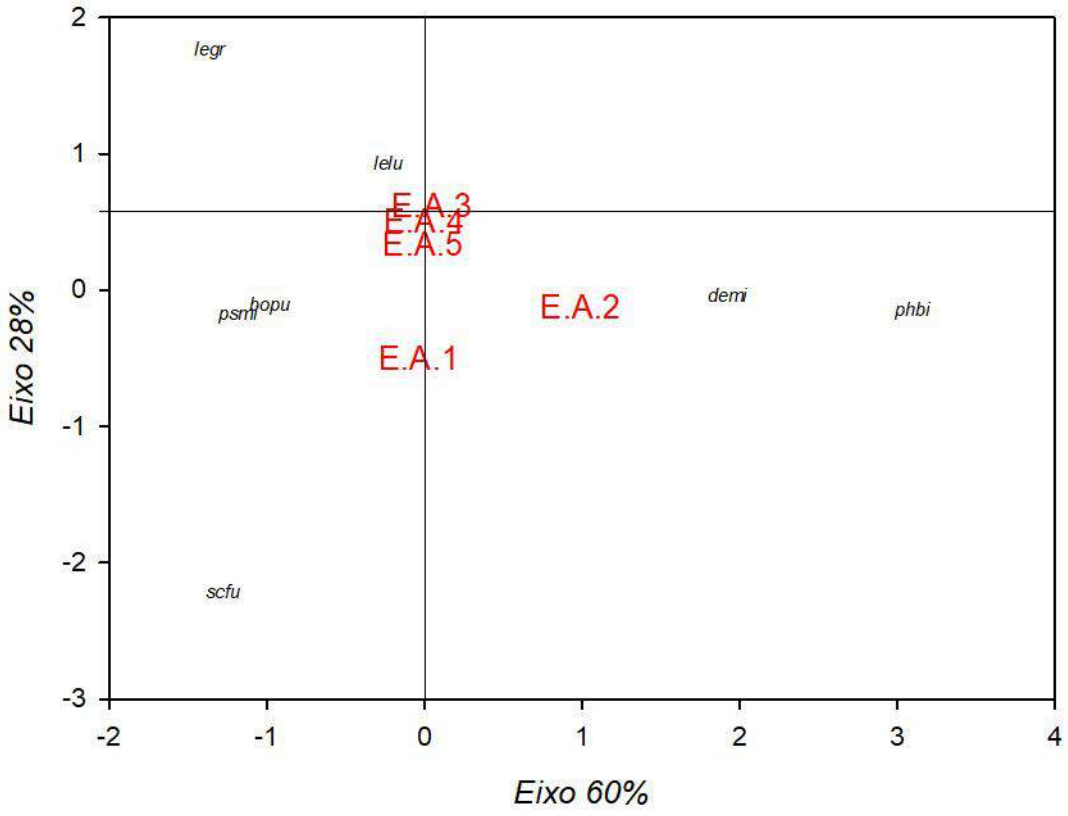


Figura 251 - Análise de correspondência baseada nos dois primeiros eixos classificando as áreas baseado na riqueza e abundância de anfíbios: Areas; Estação amostral 1: E.A.1, Estação amostral 2: E.A.2, Estação amostral 3: E.A.3, Estação amostral 4: E.A.4, Estação amostral 5: E.A5. Anfíbios; ***Bopu***: *Boana pulchella*, ***Demi***: *Dendropsophus minutus*, ***Psmi***: *Pseudis minutus*, ***Scfu*** *Scinax fuscovarius*, ***Lelu***: *Leptodactylus luctator*, ***Legr***: *Leptodactylus gracilis*, ***Phbi***: *Physalaemus biligonigerus*.



Novamente nenhuma espécie ameaçada de extinção ou de interesse econômico foi registrada (Costa et al 2018, Haddad 2008; IUCN, 2029) tanto em nosso monitoramento quanto em um trabalho completo de levantamento para anfíbios realizado no município de Candiota em 2004 (Di-Bernardo et. al, 2004b). Através da figura 4 podemos observar que as espécies estão distribuídas de forma homogênea pelas unidades amostrais, com exceção de *Lithobates catesbeianus* (rã-touro) com registro apenas na E.A.4..

Figura 252 - Número de espécies de anfíbios registradas em cada Estação amostral para cada campanha; E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste)

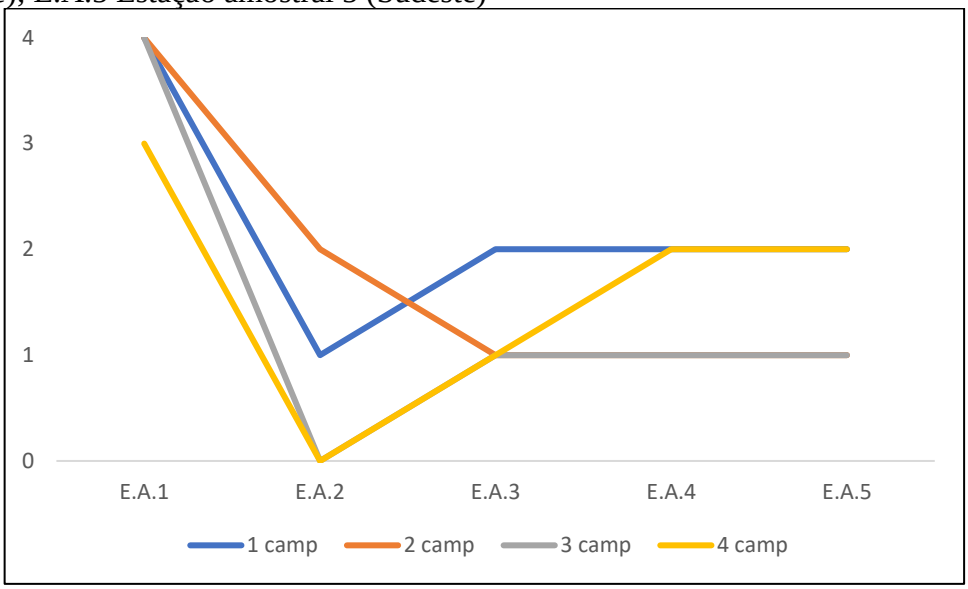
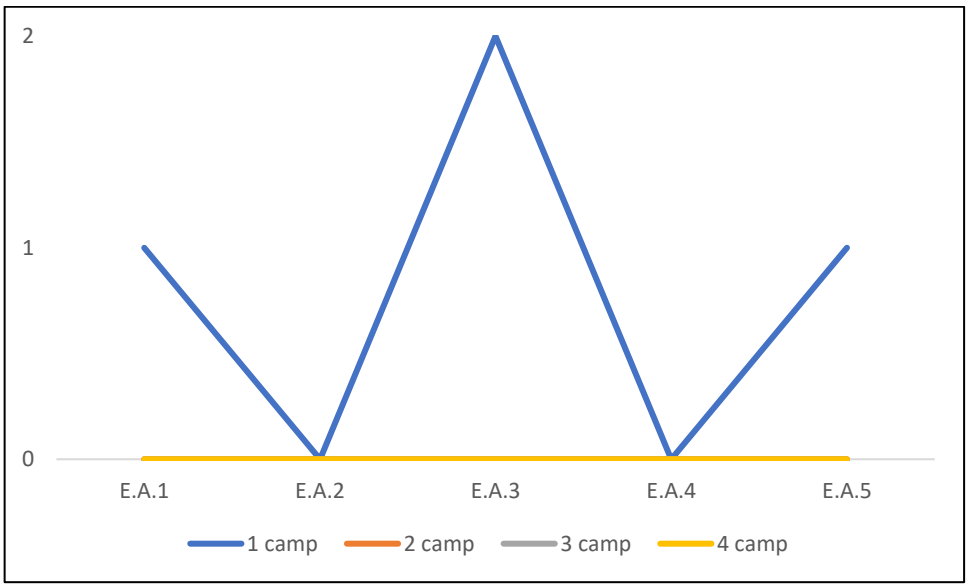


Figura 253 - Número de espécies de répteis registrados em cada Estação amostral para cada campanha; E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste)



3.5.4. Discussão

O ano de 2023 foi o ano mais quente desde que se iniciaram os registros (INMET Instituto Nacional de Meteorologia 2023). Certamente este aumento de temperatura média afeta diretamente toda a Biota e, principalmente, a fauna. Comparado com todos os anos de monitoramento deste projeto, este período de monitoramento foi claramente o que teve menor riqueza e abundância de organismos que compõe a herpetofauna e isso ocorreu devido a seca que ocorreu no início do ano e aumento de temperatura. Logo após a última campanha deste monitoramento, a primeira campanha do novo contrato já registrou alta riqueza e abundância devido às chuvas anteriores e a estação da primavera (dados que não fazem parte deste relatório, mas sim do próximo). Portanto, além dos passivos ambientais que naturalmente afetam a região, desta vez o clima foi o mais determinante na composição e abundância registrada neste monitoramento.

Se analisarmos o que mais afeta a biodiversidade, a fragmentação de habitat é um dos grandes responsáveis pelo declínio mundial e este é um dos maiores problemas contemporâneos que vivemos. Muitas espécies estão sendo extintas por ações antrópicas e o Brasil (que é um dos líderes da biodiversidade) não é diferente. O Rio Grande do Sul apresenta, até o presente momento, cerca cem espécies de anfíbios (ver referências em Garcia & Vinciprova, 2003; listas em Kwet, 2001, Kwet 2005 e compilação de trabalhos em Herpetologia, 2010), (Herpetologia UFRGS. 2018) dentre estas três foram descritas recentemente no início de 2008 (Cruz & Fusinato, 2008; Rosset, 2008; Kwet, 2008).

Novas espécies foram descritas até o ano de 2019 e este fato demonstra que nossa anurofauna ainda é pouco conhecida e passível de novas descobertas para os próximos anos. Para a região de Candiota existe uma lista recente das espécies de anfíbios ocorrentes na qual registra 22 espécies (Di-Bernardo et al, 2004b) e neste monitoramento foram registradas 19 espécies (somatório de todas as campanhas em todos os 12 contratos de monitoramento), entretanto o levantamento feito por Di-Bernardo foi em todas as áreas propícias para encontro de anfíbios no município de Candiota e nosso monitoramento em 5 E.A. designadas pelo termo de referência do monitoramento.

Para répteis o número de espécies registradas até o momento para o estado é de 132, sendo um jacaré, oito cobras-de-duas-cabeças, 10 tartarugas, 23 lagartos e 89 serpentes (Lema, 1994; Di-

Bernardo et al., 2004a, Herpetologia, 2023) e algumas discussões sobre ocorrências ainda estão abertas (Di-Bernardo et al., 2004a). Em nosso trabalho foram registradas apenas 20 espécies para as cinco E.A. no somatório dos 14 contratos de monitoramento, certamente mais espécies ocorrem na região e não foram amostradas devido a metodologia aplicada e características ecológicas do grupo e amostragens com répteis são mais complicadas devido aos hábitos das espécies. A amostragem feita foi de acordo com o Plano de Monitoramento, entretanto mesmo com esforço de campo superior as assembleias podem ser subamostradas, pois trabalhos com história natural de répteis após vários anos de amostragens ainda registram encontros de novas espécies. Como citado anteriormente, o dado mais surpreendente deste ano foi a menor riqueza em todos os quatorze anos de monitoramento tanto para anfíbios quanto répteis. Mais uma vez áreas degradadas apresentam certa riqueza pela ocupação natural de espécies mais generalistas, ou seja, espécies com requisitos de habitat mais generalistas tendem a ocupar áreas, mas impactadas do que espécies mais restritas a qualidade ambiental (este fato já é observado nos três últimos anos). Isso não significa que as áreas estão simplesmente aumentando a riqueza por melhora ambiental. Isso ocorre porque as espécies não têm para onde se deslocar e ficam mais expostas. De fato, é uma consequência primária de degradação ambiental, assim como já registrado em anos anteriores e novamente neste monitoramento. Mais uma vez o exemplo mais claro deste fenómeno é o entorno da fazenda Três Lagoas. A área no entorno desta fazenda está sofrendo um forte impacto ambiental em decorrência da extração do carvão mineral para queima. De todas as estações amostrais amostradas, esta é sem dúvida a que sofre maior impacto direto da extração do carvão. A mina de extração de larga proporção fica a menos de um quilometro desta propriedade e isso acarreta que as espécies de répteis e anfíbios sofram enorme perda de habitat e naturalmente sejam mais registradas nesta propriedade devido à fuga do local de extração que é muito próximo. Visualmente é possível perceber o enorme impacto em ralação a fragmentação de habitat.

Figura 254 - Área de extração de carvão ao lado da unidade amostral Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas)



A tendência é a diminuição em longo prazo dos registros até mesmo nesta área devido ao isolamento que os indivíduos sofrerão. Este mesmo texto foi utilizado em anos anteriores e, novamente, os dados atuais chamam atenção para a mesma problemática. Este evento já havia sido mencionado nos dois relatórios anteriores e o problema segue em ritmo acelerado. Neste relatório exponho através de fotografia de drone o local.

Os dados deste monitoramento são atípicos devido à seca no início do monitoramento e, portanto, não refletem em uma sequência lógica os declínios de abundância ao longo dos anos. Os dados refletem pontualmente uma maior baixa nos registros devido ao clima.

A estação três, caracteriza como a mais pobre de todas em todos os monitoramentos, continua apresentando a mesma relação com as demais estações amostrais. Esta situação se deve à desconfigurarão do ambiente natural, tendo o menor número de corpos d'água. A E.A.3 tem grande parte da sua área plantio de *Eucalyptus* sp. e é de propriedade da CGTEE, a companhia a utiliza para este plantio para queima de madeira na usina. Os dados demonstram

que o grupo externo (controle) (E.A.1) escolhido no plano de monitoramento não apresenta real diferença na riqueza e abundância das espécies de anuros quando comparado com as E.A. circundantes a Usina.

As análises comprovam assim algumas induções prévias feitas em campo quando caracterizada a fisionomia de cada E.A.. Através da metodologia aplicada, novamente os dados não permitem afirmar que a emissão de gases através da chaminé da usina seja um possível causador de declínios populacionais para a anurofauna. Como se repetiu em todos os relatórios finais anteriores, mas certamente a descaracterização (fragmentação) de habitat devido a extração de carvão, a agricultura e (em menor escala) a pecuária são determinantes na redução da riqueza e abundância de répteis e anfíbios. A característica marcante da E.A.1. é baseada em aspectos relacionados a formações conhecidas para a Serra do Sudeste, diferentemente das características das demais E.A.. A observação única e exclusiva dos dados sem um cuidado mais direcionado aos grupos estudados pode gerar uma má inferência quanto ao aspecto de declínios ou de riscos para as espécies, entretanto algumas ações indiretas certamente são causadoras do não registro de espécies na E.A.3, tais como a descaracterização através da destruição do habitat com o plantio de *Eucalyptus* sp., tais organismos são conhecidos pela sua capacidade de drenagem do solo, acabando assim com áreas úmidas propícias para sítios reprodutivos de anfíbios e a perda de áreas de uso para répteis.

Os registros de répteis têm uma redução histórica para os períodos de monitormento. No monitoramento realizado no período de 2014-15 foram registradas onze espécies de répteis, no período de 2015-16 foram registradas sete espécies, no período de 2016-17 foram registradas quatro espécies, no período de 2017-18 foram registradas três, no período de 2018-2019 foram registradas novamente três espécies, no período de 2020-2021 novamente quatro espécies, no período de 2022-2023 duas.

O que claramente observamos em campo (novamente) e, através dos dados, é uma forte ação de múltiplos fatores influenciando a composição e abundância de espécies (já descrito em todos os relatórios anteriores). As atividades de plantio e extração muito próximos (principalmente na estação amostral dois), assim como uso de gado dentre diversos usos da terra certamente alteram a composição da fauna de anfíbios.

Não é possível definir um único ou até mesmo o principal causador dos declínios observados neste monitoramento. Novamente chamo a atenção para a estação amostral dois

(Três Lagoas). A descaracterização do habitat no entorno desta unidade aumenta a cada nova campanha. Certamente esta alteração de habitat causará enorme perda de habitat para espécies da herpetofauna, porém devido à fuga dos animais de áreas próximas, que estão sendo mineradas, o número de registro pode aumentar nesta propriedade o que pode gerar um aumento de registros que de fato é um alerta para degradação ambiental.

A região, e seus arredores, sofre inúmeras influências diretas e indiretas que causam degradação ambiental e consequente estes fatores são limitantes para a composição e abundância de espécies de répteis e anfíbios.

Esta situação certamente acarreta em uma modificação na composição das comunidades registradas nestas unidades amostrais. Pode inclusive, aumentar o número de registros nestas propriedades, pois os organismos procuram por refúgio e nestas propriedades encontram estes refúgios. Portanto o aumento no número de espécies e indivíduos pode potencialmente, refletir uma considerável degradação ambiental no seu entorno. Neste contexto observamos não somente as unidades amostrais, mas sim as unidades amostrais e seu entorno e contexto ambiental. Toda a região no entorno das unidades amostrais sofre de inúmeras fontes de degradação ambiental, e estas diversas fontes devem ser monitoradas na sua origem, desde a mineração, aos efluentes emitidos por estas empresas assim como as suas emissões atmosféricas. Além do monitoramento habitual, o monitoramento na fonte das agentes emissões deve ser observado.

Mais uma vez recomendo a reestruturação completa do termo de referência deste monitoramento, os parâmetros de avaliação da composição e abundância de répteis e anfíbios das unidades amostrais claramente não devem ser os únicos parâmetros para observar os impactos diretos e indiretos das emissões da chaminé da Usina termelétrica Presidente Medici para Herpetofauna. Parâmetros como pH de banhados de locais de ocorrência de anfíbios devem ser observados, quantidade de banhados naturais e características de paisagem são mais determinantes na ocorrência das espécies do que a direção dos ventos em relação as emissões da chaminé da usina. Em muitos locais teoricamente propícios para o encontro de anuros, não ocorreram registro e isso provavelmente se dá devido a não adequabilidade destes corpos úmidos para os anfíbios (pH inadequado ou outros poluentes na água). Novamente recomendo levar em conta imagens *landsat* históricas e recentes das unidades amostrais como método de comparação quanto a desfragmentação de paisagem. Recomendações já observadas nos

relatórios finas dos últimos contratos. Por fim, sugiro um plano de preservação de áreas propícias para as populações de répteis e anfíbios. Um plano de áreas de refúgios da vida silvestre sem ações de mineração, queima, plantio e pecuária.

3.5.5. Referências

Costa, H.C., Bernelis, R.S. 2018. Répteis do Brasil e suas Unidades Federativas: Lista de espécies. Herpetologia Brasileira. 5(2). 11-57.

Cruz, C.A.G. & Fusinato, L.A. 2008; Rosset, 2008. A new species of *DenDrophryniscus,* Jiménez de la espada, 1871 (AmphibiA, AnurA, bufonidAe) from the Atlantic Rain forest of Rio Grande do Sul. Brazilian Society of Herpetology. South A,ericam Journal of Herpetology. 3(1):22-26

Di-Bernardo, M.; Borges-Martins, M. & Oliveira R. B. 2004. Proposed deletion of eight species of snakes from the Brazilian State of Rio Grande do Sul herpetofauna. Comum. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS, Sér. Zool., 17(1):45-50.

Di-Bernardo, M., Oliveira, R.B., Pontes, G.M.F., Melchiors, J., Solé, M., Kwet, A. 2004. Anfíbios anuros da região de extração e processamento de carvão de Candiota, RS, Brasil. Pp. 163-175. In: Teixeira E. C. e Pires, M.J.R. (eds.), Estudos ambientais em Candiota – carvão e seus impactos. Fepam, Porto Alegre.

Garcia, P. C. A. & Vinciprova, G. 2003. Anfíbios. *In*: Fontana, C.S.; Bencke, G.A. & Reis, R. E. dos. Org. Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, EDIPUCRS. p. 147-164

Haddad, C. F. B., 2008. Uma análise da lista brasileira de anfíbios ameaçados de extinção. In: Machado ABM et al., (eds.). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Brasília, Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. v. 2, p. 286-325.

HERPETOLOGIA-UFRGS. 2023. Lista das espécies de répteis do Rio Grande do Sul. Laboratório de Herpetologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. On line. Versão 2.0, dezembro de 2023. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/herpetologia>. Acesso em (dezembro de 2023).

INMET Instituto Nacional de Meteorologia 2023. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/noticias/2023-%C3%A9-o-mais-quente-em-174-anos-confirma-relat%C3%B3rio-da-omm#:~:text=De%20acordo%20com%20a%20publica%C3%A7%C3%A3o,%C2%B0C%20acima%20da%20m%C3%A9dia. Acesso em (dezembro de 2023).

IUCN 2019. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-2*. http://www.iucnredlist.org. Downloaded on 18 July 2019.

Kwet, A. 2001. Frörsch im brasilianischen Araukarienwald – Anurengemeinschaft des Araukarienwaldes von Rio Grande do Sul: Diversität, Reproduktion und Ressourcenaufteilung. Tübingen, Natur und Tier-Verlag, 192p.

Kwet, A. 2005. Aktuelle Artenliste der der amphibien . *In*: Kwet, A. Frösche – Frogs – Anuros . Disponível em: <www.kwet.de>. Acesso em jul/2013

Kwet, A. 2008. New species of *Hypsiboas* (Anura: Hylidae) in the *pulchellus* group from southern Brazil. Rheinbach. Salamandra. 44(1):1-14

Legendre P, Legendre L. 1998. *Numerical Ecology*, 2nd edn. Elsevier, Amsterdam, 351 The Netherlands.

Lema, T. 1994. Lista comentada dos répteis ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Comum. Mus. Ciênc. PUCRS. Ser. Zool., 7:41-150.

Magno, V.S., Caramaschi, U., Cruz, C.A.G., Grant, T., Haddad, C.F.B., Garcia, P.C.A., Berneck, B.V.M., Langone, J.A. 2016. Brazilian Amphibians: List of species. Herpetologia Brasileira. 5(2). 34-46.

Pillar VD. 2004. MULTIV: Multivariate exploratory analysis, randomization testing and bootstrap resampling: Software v. 2.3.20. Departamento de Ecologia, 383 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. (Software and manual available from).

Pillar, V.D. & L. Orlóci. 1996. On randomization testing in vegetation science: multifactor comparisons of relevé groups. *Journal of Vegetation Science* 7: 585-592.

Rosset, S.D. 2008. New Species of Odontophrynus Reinhardt and Lu¨ tken 1862 (Anura: Neobatrachia) from Brazil and Uruguay. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Journal of Herpetology. 42(1):134-144.

StatSoft, Inc. (2014). STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com.

4. BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO AR-FLORA

Responsável Técnica: Carolina Trindade Perry – CRBio Nº 058286/03-D.

O presente relatório apresenta a compilação do resultado das quatros campanhas de amostragem realizadas durante a vigência do contrato relativo ao período entre novembro de 2022 a novembro de 2023 cujo objetivo específico foi caracterizar a dispersão das emissões atmosféricas da usina térmica de Candiota sobre a região adjacente a esta por meio da distribuição espacial dos teores de cádmio, chumbo, zinco, enxofre e fluoreto em três espécies vegetais nativas do estrato herbáceo. Esses elementos são emitidos na fase gasosa ou associados às partículas de cinzas leves formadas durante a combustão do carvão e dessa forma podem ser transportados a longas distâncias antes de se depositarem sobre um corpo receptor, na superfície do solo ou sobre a vegetação. Ao retornarem à superfície por deposição seca ou por via úmida esses elementos podem ser absorvidos e acumulados na vegetação (*biomonitoramento passivo*) ou por quaisquer organismos previamente expostos nos mesmos locais (*biomonitoramento ativo*) constituindo-se dessa forma o princípio básico no qual se fundamenta o biomonitoramento (Nakazato *et al*., 2018).

4.1. METODOLOGIA

O programa de biomonitoramento utiliza abordagens passivas e ativas nas estações de amostragens adjacentes a Usina na região de Candiota, Quadro 227 estão as datas das coletas referente a vigência do presente contrato do programa de biomonitoramento e no Quadro 228 as principais característica das estações de amostragem.

Quadro 227 - Datas das coletas do Passivo e Ativo

Coletas	Datas
1ª Primavera: Passivo (herbáceas e solo). Exposição Ativo	03-04/12/2022
2ª Verão: Passivo (herbáceas).	25-26/02/2023
3ª Outono: Passivo (herbáceas).	13/05/2023
4ª Inverno: Passivo (herbáceas). Coleta Ativo.	19-20/09/2023

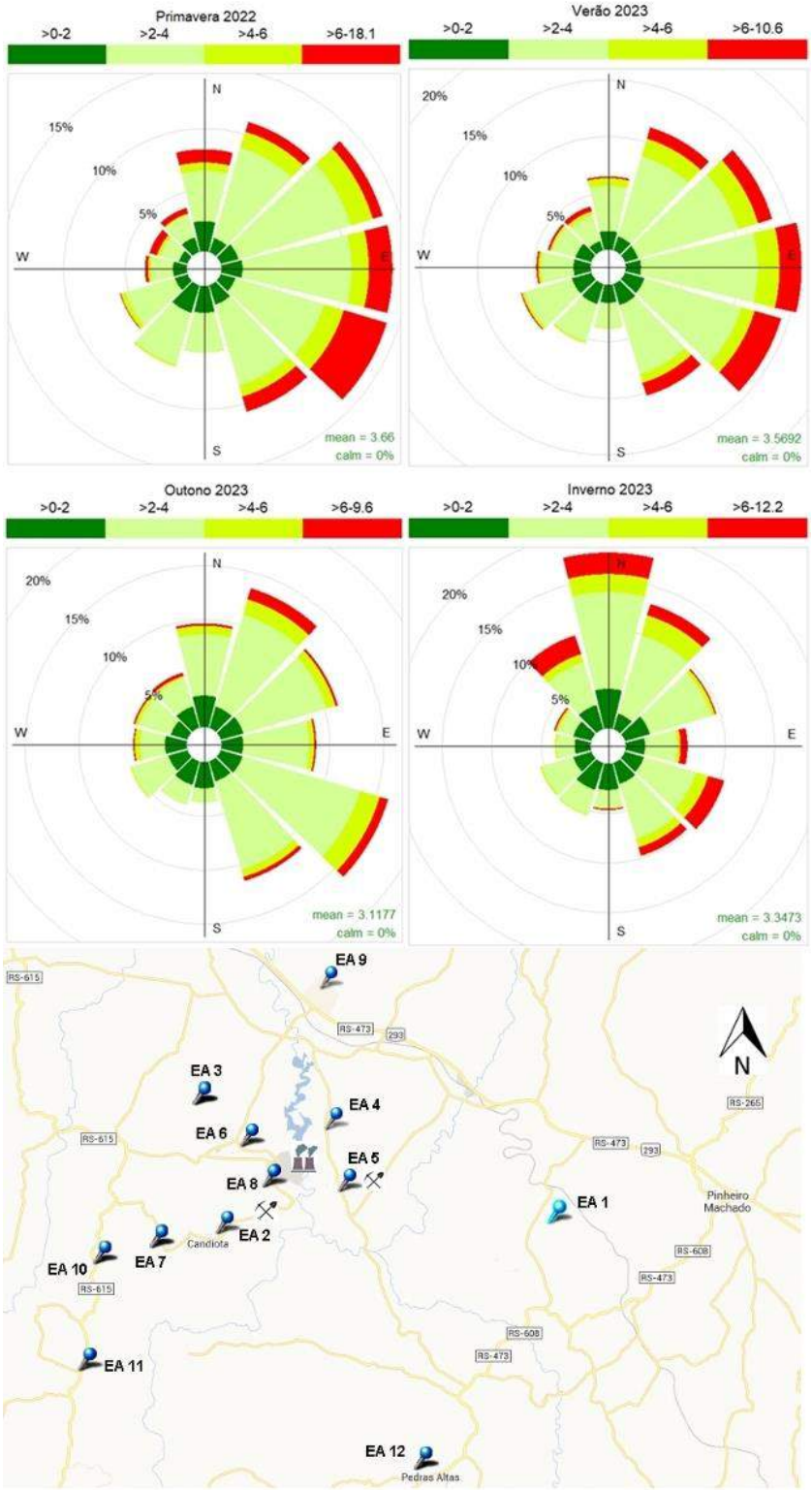
Quadro 228 - Rede de estações amostrais (EA) no entorno da Usina termoelétrica no município de Candiota/RS com suas respectivas coordenadas geográficas e direções em relação à usina

Estação Amostral	Coordenadas	Denominação	Direção em relação à usina
EA 1*	UTM 262163 / 6503935	Serra da Veleda ***EA de referência**	leste
EA 2	UTM 241561 / 6501179	Fazenda Três Lagoas	sudoeste
EA 3	UTM 243736 / 6510363	Fazenda Candiota	noroeste
EA 4	UTM 248153 / 6509846	Chácara Santa Clara	nordeste
EA 5	UTM 249292 / 6503784	Fazenda Santa Rita	sudeste
EA 6**	UTM 242441 / 6506467	Dário Lassance ** **Apenas Biomonitoramento Ativo**	oeste
EA 7	UTM 236572 / 6500000	Fazenda São José	sudoeste
EA 8	UTM 244070 / 6504011	Associação dos Funcionários da Usina	sudoeste
EA 9 ***	UTM 246406 / 6516544	Vila Operária *** **Sem *E. mollis***	norte
EA11	UTM 232580/6492372	8 de Agosto	sudoeste
EA12	UTM 254050/ 6486674.	Pedras Altas	sudeste

4.2. ÁREA DE ESTUDO

Na região de Candiota a direção predominante dos ventos é do quadrante Norte-Nordeste (N-NE) ao longo de todo o ano com uma velocidade média de 3-4 m s^{-1} (Wiegand et al., 2011). Além da usina termoelétrica, há outras fontes de emissões atmosféricas de menor porte na região – outra termoelétrica a Pampa Sul, duas fábricas de cimento (Votorantim Cimentos Brasil Ltda e CCB Cimpor Cimentos do Brasil Ltda) e uma mineração de calcário – cujas emissões se somam às da usina térmica e contribuem para os resultados encontrados na vegetação da região. Além da atividade mineradora e industrial, a região é também fortemente impactada pela mineração/beneficiamento do carvão pela Companhia Riograndense de Mineração (CRM), pela pecuária extensiva e pela alteração do uso do solo pela silvicultura. Na Figura 255 é possível observar a direção e velocidade do vento predominante no período que antecede cada coleta e a localização das estações de amostragens (EA).

Figura 255 - Localização das estações de amostragens, direção e velocidade do vento predominante correspondente ao período que antecede as quatro campanhas de amostragem (primavera, verão, outono e inverno). Dados INMET estação automática A827- Bagé.



4.3. BIOMONITORAMENTO ATIVO

Nas campanhas de primavera do Programa de Biomonitoramento da Qualidade do Ar são realizadas as exposições do biomonitoramento ativo com os fungos liquenizados. São expostas duas espécies, coletadas previamente em uma área sujeita ao mínimo de poluição atmosférica possível. Aos longos dos anos de biomonitoramento a escolha da área para a extração dos liquens nos forófitos tem sido um desafio, principalmente no que se refere a encontrar áreas com baixa concentração atmosférica de poluentes e disponibilidade de espécies em quantidades suficiente para a posterior exposição em 11 estações de amostragem.

Na campanha de primavera foram escolhidas duas áreas distintas, uma para cada espécie. A coleta da *U. florida* foi realizada no dia 10 de novembro de 2022 em uma área distante no balneário Cassino (UTM 388751/6436969), no município Rio Grande, RS. A espécie *Parmotrena tinctorum* foi coletada em 15 de novembro de 2022, na mesma área de anteriormente, nas proximidades do Parque Estadual de Itapuã (UTM 499157/6651409), município de Viamão, RS. Ambas as espécies foram removidas aderidas ao substrato, seja na casca ou em pequenos galhos dos forófitos. Quantidades aproximadas das duas espécies foram colocadas cuidadosamente em redes para frutas com volume de 5 kg (Figura 256) e permaneceram em ambiente de laboratório por pelo menos 20 dias para aclimatação antes da exposição na área adjacente à usina

Figura 256 - (A) *Usnea florida;* (B) preparação dos liquens antes da exposição e (C) liquens expostos.



As redes foram colocadas nos ramos nas copas de árvores a uma altura aproximada de 1,5 a 2 metros acima da superfície do solo, colocando-se uma rede de cada espécie de líquen

em cada local nas estações de amostragem. A exposição das redes foi realizada junto com a coleta do biomonitoramento passivo nos dias 3 e 4 de dezembro de 2022 e a coleta na campanha de inverno nos dias 19 e 20 de agosto de 2023, totalizando 258 e 259 dias de exposição. Um pool de amostras para cada espécie não exposta foi desidratado em estufa e guardado para servir de referência das concentrações dos elementos analisados antes da exposição, estas amostras de liquens não expostas receberam a denominação de EA0. Foram analisados nos liquens teores de cádmio, chumbo, enxofre, fluoreto e zinco conforme plano de trabalho do programa.

4.4. BIOMONITORAMENTO PASSIVO

Três espécies de herbáceas nativas da região são usadas para a avaliação no programa de biomonitoramento da qualidade do ar, *Elephantopus mollis* (Asteraceae), espécie bioacumuladora de metais, principalmente cádmio (Divan et al., 2009; Silveira et al., 2015), a *Baccharis trimera* (Asteraceae) e o *Paspalum notatum* (Poaceae) importante forrageira nativa para herbívoros da região.

As amostras foram coletadas e acondicionadas em sacos plásticos em cada campanha amostral (Figura 257). Após a coleta em campo as amostras foram submetidas a uma triagem para separação de folhas e caules alados (carqueja) de restos de raízes, caules, solo e acondicionadas em sacos de papel para envio ao laboratório responsável pela preparação das amostras e análise (conforme disposto no plano de biomonitoramento) dos teores dos elementos-traço: cádmio, chumbo, enxofre, zinco em todas as plantas e fluoreto apenas na forrageira *P. notatum.*

Figura 257 - (A) coleta das herbáceas biomonitoras; (B) amostras identificadas em sacos plásticos



Além das plantas o solo é coletado em uma única coleta na primavera em todas as estações de biomonitoramento passivo, conforme disposto na plano de trabalho do programa, para análise dos teores de cádmio, chumbo, enxofre, fluoreto e zinco.

4.5. ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS

A avaliação do ativo foi feita a partir da acumulação em relação a EA0. Para os dados das herbáceas e solo da coleta de primavera foi aplicado a correlação de Spearman. Os teores mensurados foram comparados com os valores basais e tóxicos encontrados na literatura. Uma compilação dos dados do passivo a partir de novembro de 2016 também é apresentada nos resultados. Os dados, de origem não paramétrica, foram submetidos à análise de Kruskal-Wallis com um nível de significância de $\alpha = 0,05$. Quando foi observada diferença significativa, foi aplicado o teste de pós-Dunn com valor p corrigido por Bonferroni. Os dados que apresentaram mais de 90% dos valores abaixo dos limites de detecção para os elementos-traços não foram incluídos nas análises (software R 4.2.2).

4.5.1. Resultados

4.5.1.1. Biomonitoramento Ativo

Ambas as espécies de líquens exibiram valores abaixo do limite de detecção para cádmio e chumbo em todas as estações de amostragem. Em relação aos teores de enxofre, *P. tinctorum* mostrou um aumento em todas as estações, sendo que a EA6 (Lassance) registrou o maior valor, enquanto, para *U. florida*, apenas na EA9 (Vila Operária) os teores foram menores do que na EA0; na EA4, por outro lado, os valores foram os mais altos (A e A). De forma inesperada, *P. tinctorum* exibiu seu maior valor de flúor na EA0, enquanto para *U. florida*, as EAs 3 (Candiotão), 9 (Vila operária) e 11 (Fazenda 8 de Agosto) apresentaram valores de flúor abaixo da EA0. A EA2, por sua vez, registrou um aumento 3,7 vezes maior que a EA0 (B). Finalmente, em relação ao zinco, ambas as espécies apresentaram incrementação dos teores em relação a EA0 em todas as estações amostrais (C e C).

Figura 258 - Incrementação dos teores em *P. tintorum*: (A) enxofre; (B) flúor; (C) zinco.

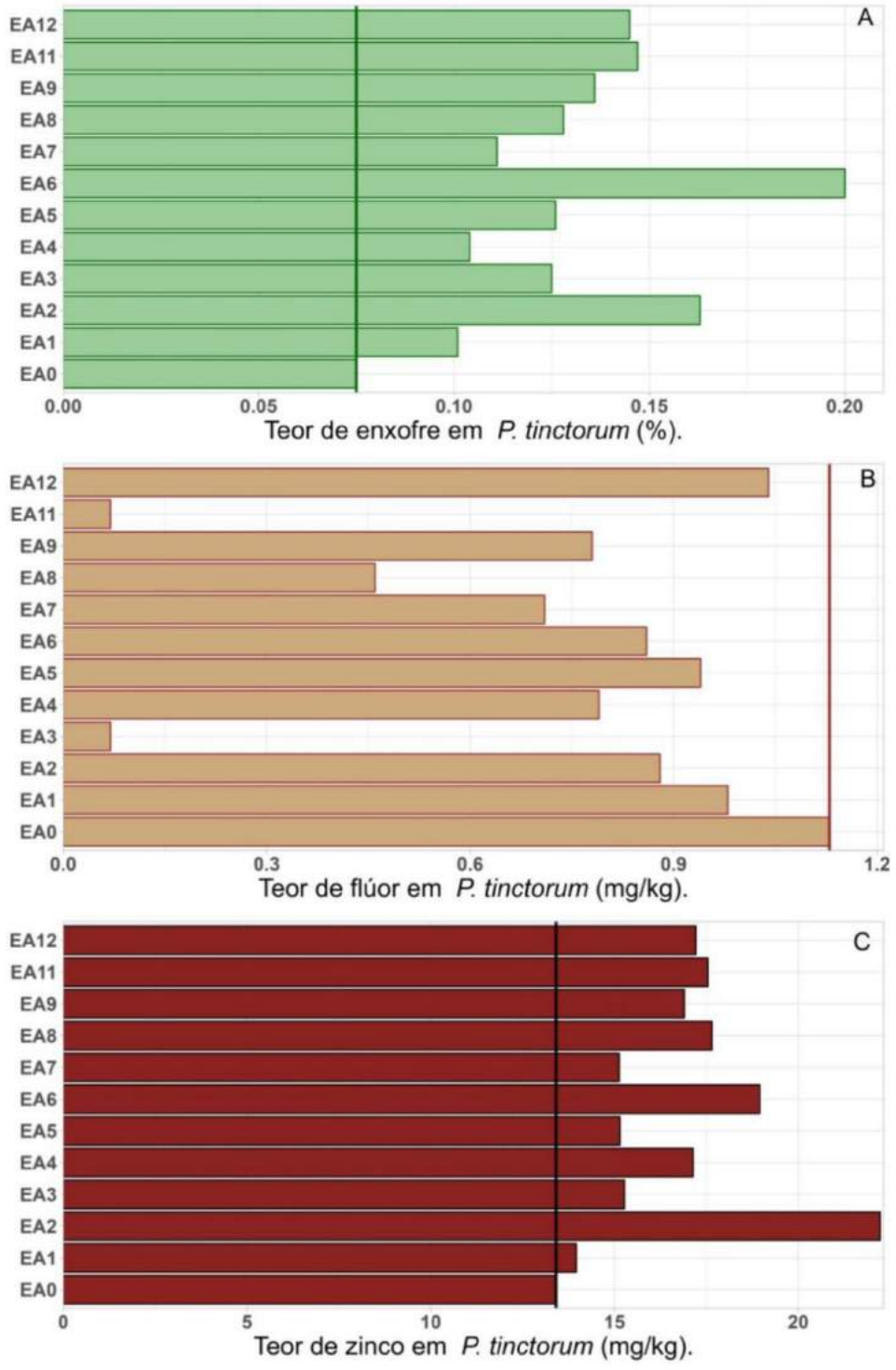
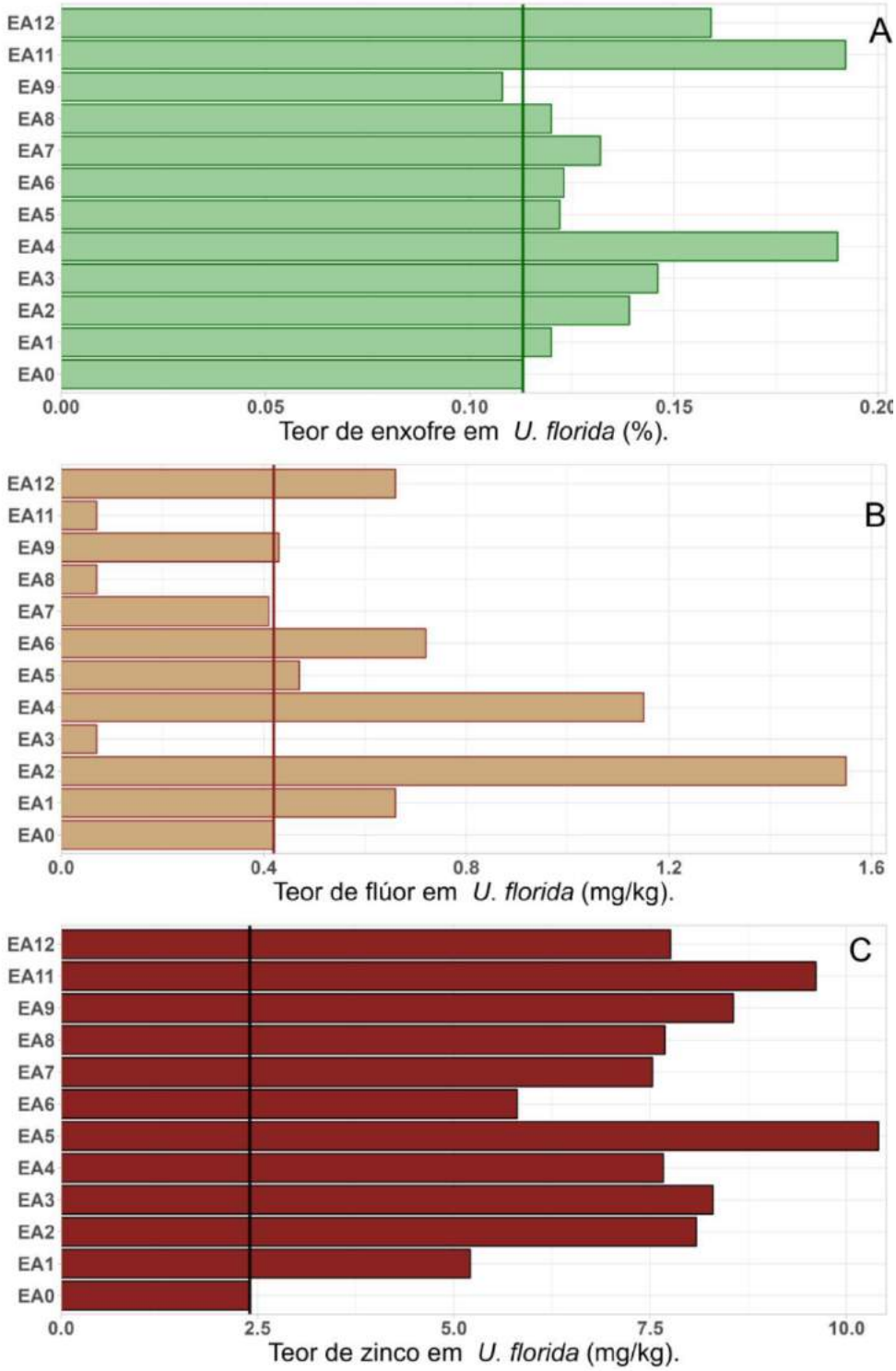


Figura 259 - Incrementação dos teores em *U. florida*: (A) enxofre; (B) flúor;(C) zinco.



4.5.1.2. Biomonitoramento Passivo

Em todas as estações amostrais e para todas as herbáceas, os níveis de cádmio e chumbo permaneceram abaixo do limite de detecção, conforme indicado nos anexos. A única exceção ocorreu durante a coleta de primavera nas estações EA2 (Três Lagoas) e EA7 (Fazenda São José), onde os valores de cádmio foram de 1,13 e 1,30 mg/kg, respectivamente. Outra característica marcante ao longo das quatro campanhas foi a presença mais consistente de flúor, observada em todas as coletas, com os valores mais elevados no inverno, especialmente na EA5 e os menores na primavera. A distribuição de enxofre foi mais uniforme entre as plantas biomonitoras, com apenas dois valores discrepante em E. mollis de 0,36 % na EA4 (Santa Clara) durante a primavera e de 0,23 % na EA1 (Veleda) no inverno (
Figura 261 A). Para o zinco em B. trimera (B) a maior distribuição dos valores ficou ente 12,01 52,04 mg/kg apresentando poucos valores discrepantes, ambos na EA3: 198,78 mg/kg na primavera e 83,61 mg/kg no inverno. Já para o E .mollis a distribuição se concentrou em valores de 14,12 a 58,20 mg/kg, com três valores discrepantes: na EA8 (104,43 mg/kg), EA4 (148,01 mg/kg) e na EA2, (165,89 mg/kg), todos no período da primavera. O P. notatum apresentou os menores valores de zinco para as três espécies com a distribuição entre 14,02 e 39,52 mg/kg, com apenas um valor discrepante de 62,81 mg/kg na EA8 na primavera, dados detalhados nos anexos.

Figura 260 - - Distribuição dos teores de fluoreto em P. notatum na quadros campanhas amostrais referentes ao último contrato.

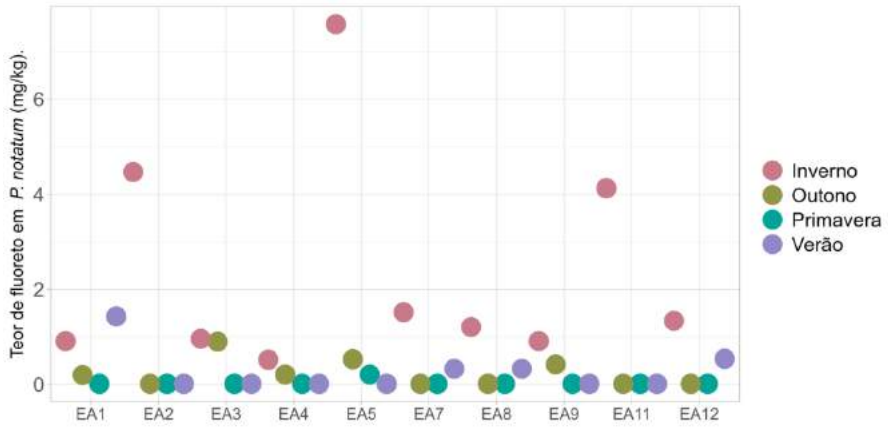
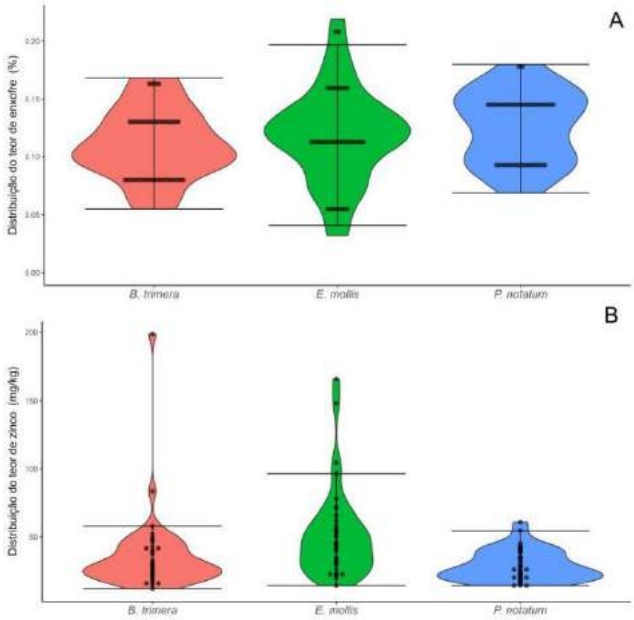


Figura 261 - Distribuição dos valores de (A); enxofre; (B) zinco nas três herbáceas biomonitoras, nas quatro campanhas amostrais referentes ao último contrato.

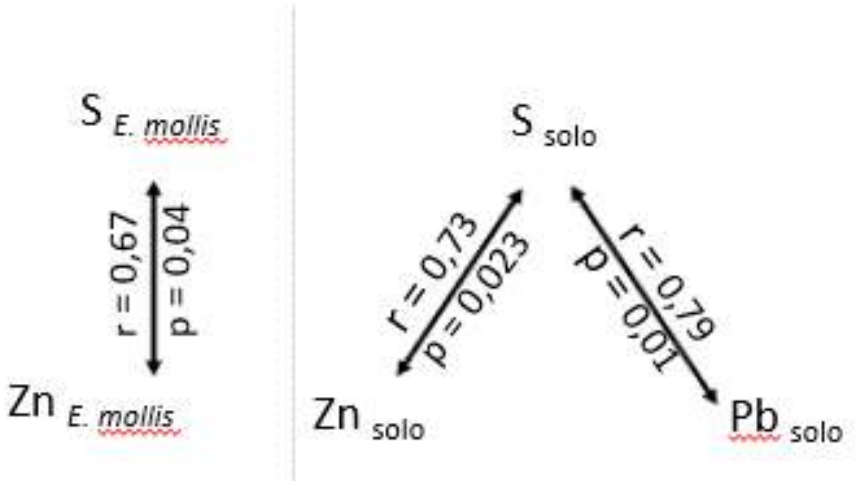


Para os teores dos elementos traços analisados no solo a EA3 apresentou os menores valores (Quadro 229). Nenhuma correlação significativa foi observado entre as plantas e o solo na coleta de primavera, apenas entre o zinco e enxofre em E. mollis e entre os teores no solo de enxofre com o zinco e o chumbo (). Demonstrando a possibilidade de uma parte do teor registrado nas plantas ser de origem atmosférica, enquanto a correlação entre os elementos presentes solo e entre os presentes em E. mollis indicam uma possível origem comum destes elementos.

Quadro 229 - Coleta de primavera. Teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), zinco (Zn) e enxofre (S) no solo em dez estações de amostragem nas adjacências da usina termoelétrica de Candiota. Teores em mg/kg,enxofre em %, **valores máximos**, valores mínimos, LQ (limite de quantificação

EA	Cd	Pb	Zn	S	F⁻	LQ Metais	LQ S	LQ F
EA1	<0,25	11,35	9,40	0,018	<0,07	0,25	5	0,07
EA2	<0,25	10,59	11,15	0,011	<0,07	0,25	5	0,07
EA3	<0,25	4,48	4,46	0,009	<0,07	0,25	5	0,07
EA4	<0,25	**21,88**	18,02	**0,024**	<0,07	0,25	5	0,07
EA5	<0,25	12,44	20,90	0,022	<0,07	0,25	5	0,07
EA7	<0,25	11,43	21,88	0,023	<0,07	0,25	5	0,07
EA9	<0,25	8,57	19,58	0,015	<0,07	0,25	5	0,07
EA8	<0,25	6,15	9,09	0,010	<0,07	0,25	5	0,07
EA11	<0,25	9,50	**22,79**	0,017	<0,07	0,25	5	0,07
EA12	<0,25	5,32	10,05	0,012	<0,07	0,25	5	0,07

Figura 262 - Correlações significativas de Spearman entre o solo e as herbáceas coletados na primavera. Enxofre (S), zinco (Zn) e chumbo (Pb).



4.5.1.3. Análise do Passivo dados de 2016 a 2023.

Na análise de Kruskal-Wallis realizada entre os elementos, os valores de enxofre mostraram-se os mais homogêneos (Figura 263) e não houve diferença significativa ($p > 0.05$). No caso do zinco, observam-se valores menores na EA3 e EA1 para as três espécies de plantas, enquanto a EA2 e a EA8 (AFUCAM) apresentaram valores mais elevados (A, B e C).

Especificamente, para *E. mollis* e *P. notatum*, a EA2 diferenciou-se ($p < 0.05$) tanto da EA1 quanto da EA3, enquanto a EA8 não apresentou diferença com a EA2 para as três espécies (A, B e C).

Apenas o *E. mollis* diferenciou as estações amostrais em relação ao chumbo ($p < 0.05$), a EA2 apresentou os maiores valores e se diferenciou da maioria das outras estações de amostragem inclusive da estação de referência a EA1 (A). Para o cádmio (figura 266) os maiores valores foram observados na EA7 e EA11, estas se diferenciaram das estações com menores valores como a EA1 e a EA3 ($p < 0.05$).

Figura 263: Distribuição dos dados de enxofre: (A) *B. trimera;* (B) *E. mollis;* (C) *P. notatum*, * estação de referência, dados de novembro de 2016 a agosto de 2023.

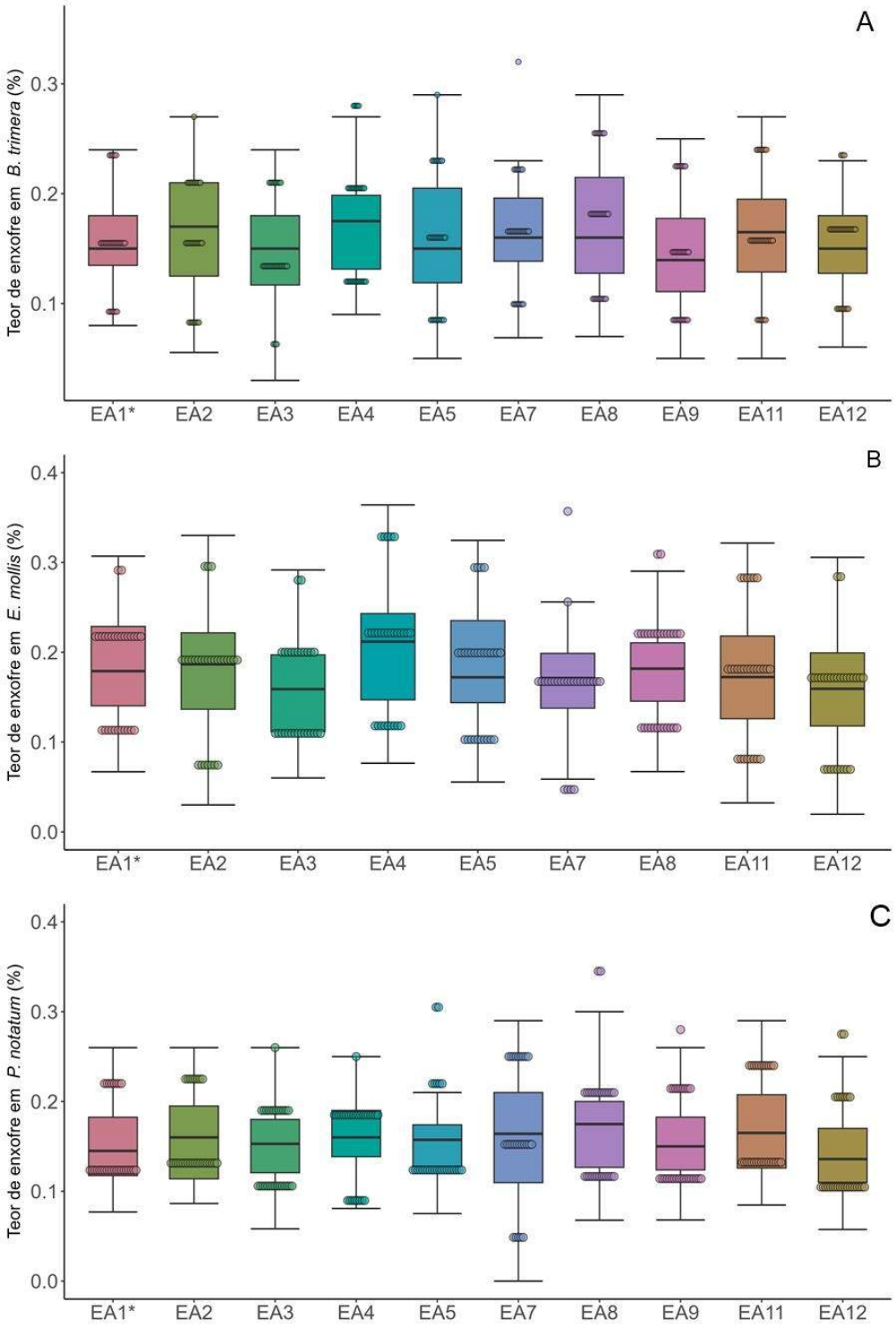


Figura 264: Distribuição dos valores de zinco em (A) *B. trimera;* (B) *E. mollis;* (C) *P. notatum*, letras diferentes indicam diferença estatística, * estação de referência, (- -) valor tóxico para plantas (Bahlsberg-Pahlsson, 1989). Dados de novembro de 2016 a agosto de 2023.

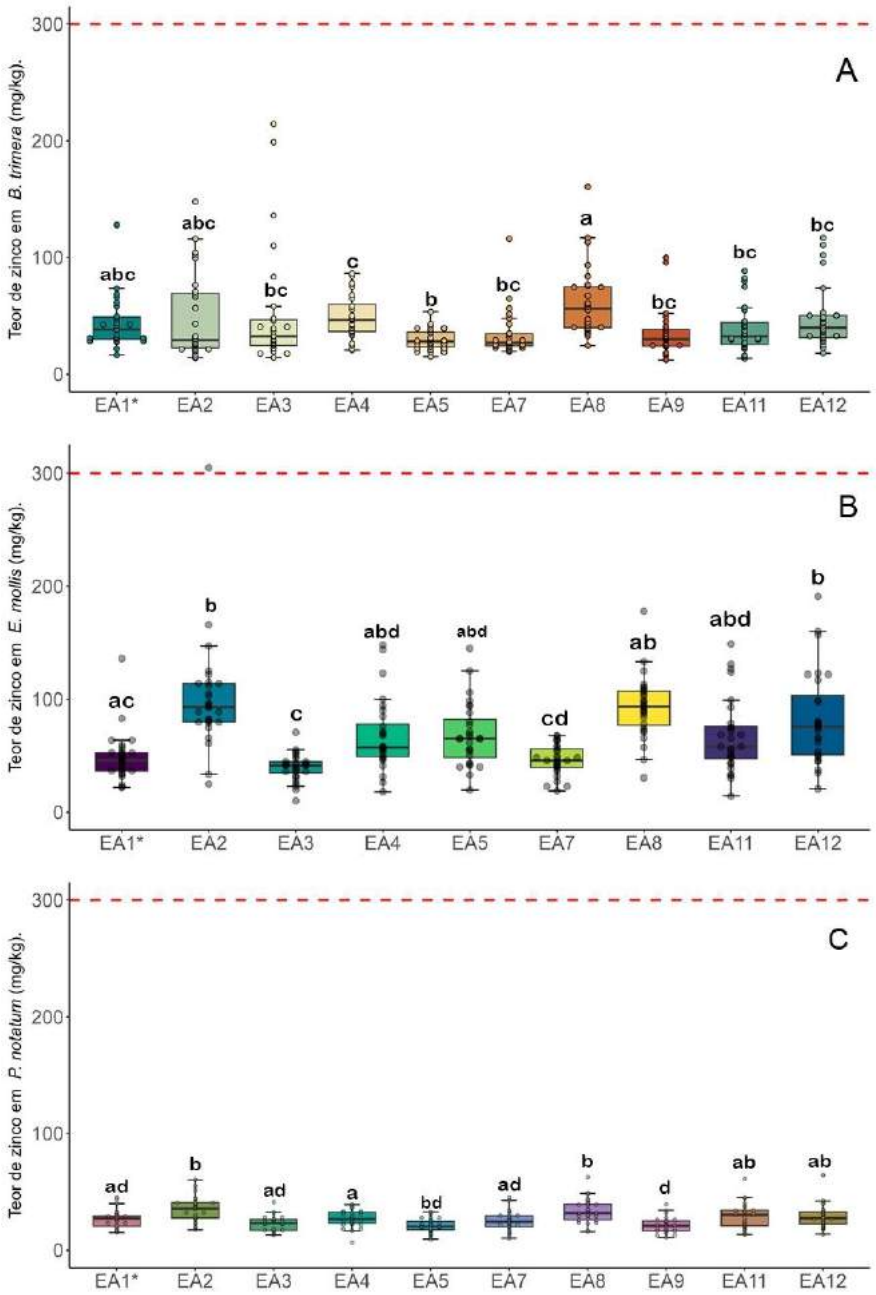


Figura 265: Distribuição dos valores de chumbo em (A) E. mollis e (B) P. notatum, letras diferentes indicam diferença estatística, * estação de referência, (- -) valor tóxico para plantas (Kabata-Pendias, 2011). Dados de novembro de 2016 a agosto de 2023

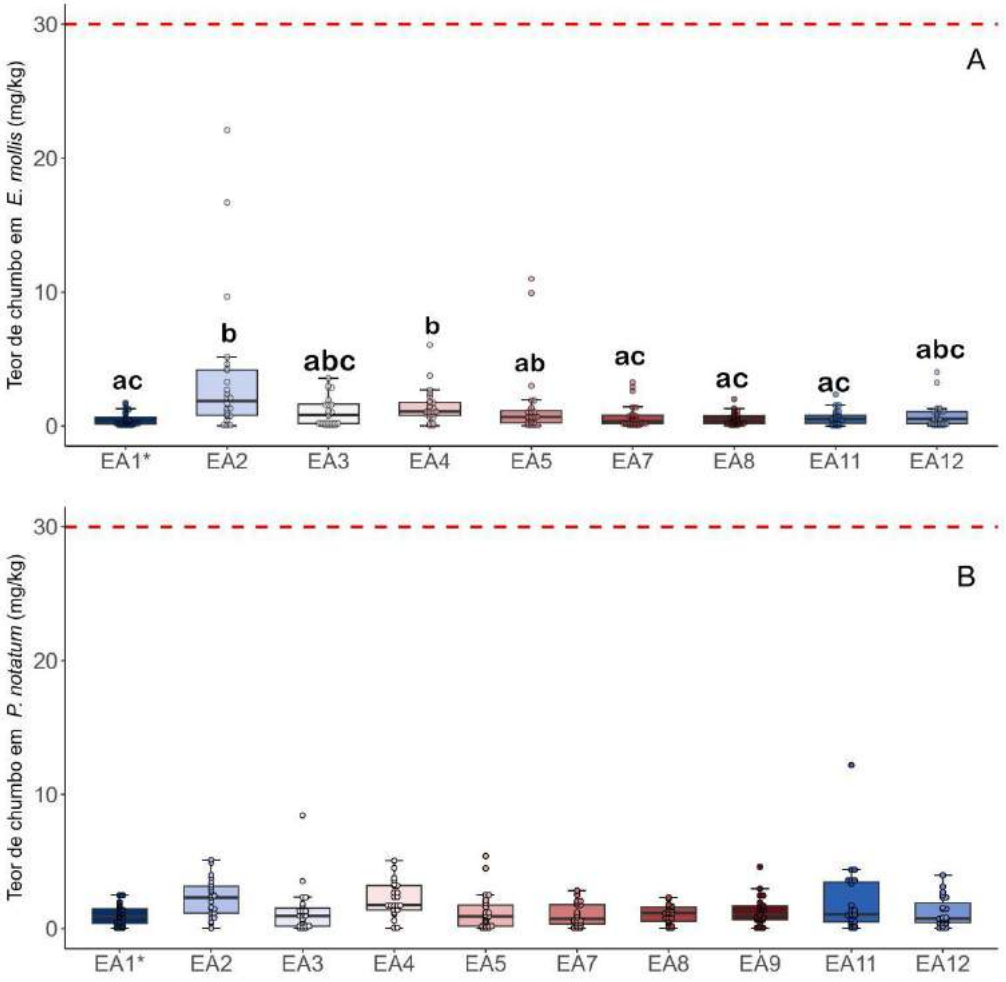
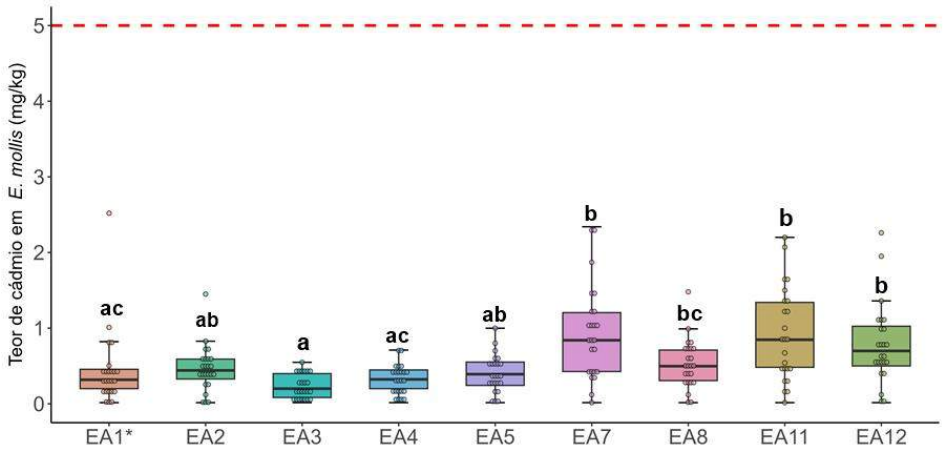


Figura 266 - Distribuição dos valores de cádmio em *E. mollis*, letras diferentes indicam diferença estatística, * estação de referência, (- -) valor tóxico para plantas (Kabata-Pendias, 2011). Dados de novembro de 2016 a agosto de 2023.



A Figura 267 apresenta a distribuição ao longo do tempo dos valores máximos e mínimos para os metais em *E. mollis* (a única das três herbáceas que acumula os três metais) e mais o índice de poluição por metais (IPM) proposto por Singh et al. (2008), o qual sintetiza em um único *índice* numérico os teores dos três metais analisados e que foi calculado com base na seguinte fórmula : $\text{IPM} = ([Cd] \times [Pb] \times [Zn])^{1/3}$.

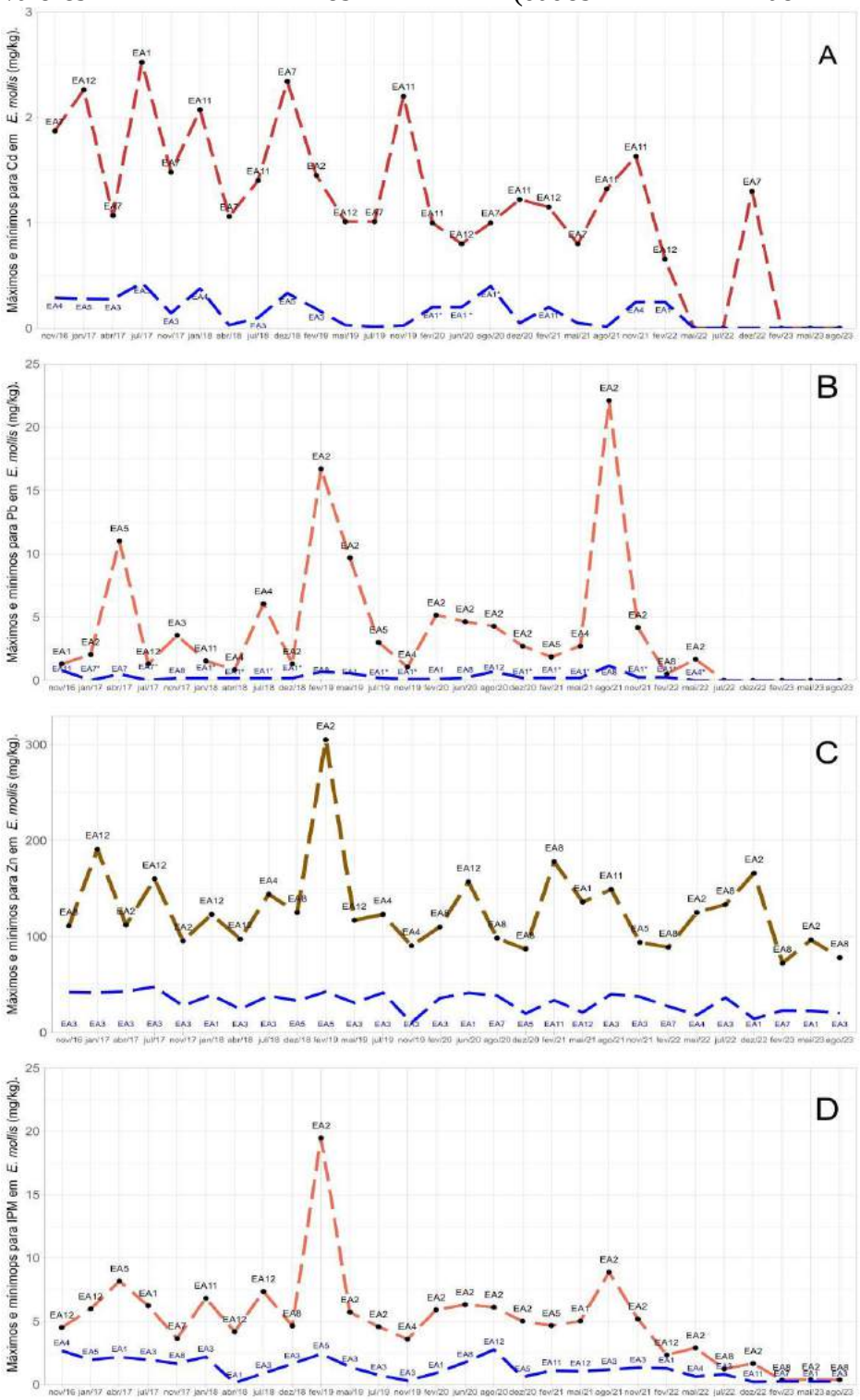
Para o cádmio (Figura 267 A) os valores variaram deste de 2,52 mg/kg a valores não detectáveis, a EA7 apresentou a maior frequência de valores máximos com 9 observações, seguida da EA11 com 7. As estações com maior frequência de valores mínimos registrados foram a EA1 e a EA3. A partir de julho de 2022 podemos observar o registro de teores não detectáveis nas estações amostrais, com exceção da última campanha de primavera, em que a EA7 registrou 1,30 mg/kg de cádmio.

Para o chumbo (Figura 267 B) os valores variam deste valores não detectáveis a 22,10 mg/kg, a EA2 apresentou a maior frequência de valores máximos com 11 observações, sendo que o maior valor observado (22,10 mg/kg) foi em agosto de 2021. A EA1 (estação de referência) junto com outras estações aparece com frequência entre os valores mínimo observados para o chumbo. A partir de julho de 2022, não foram mais observados valores detectáveis para o chumbo.

Para o zinco (Figura 267 C) a variação foi de 305,00 a 10,20 mg/kg e apesar de o maior valor observado ter sido na EA2, a maior frequência de valores máximos observados foi na

EA8 com 10 observações. A EA3 aparece com frequência entre os valores mínimos observado para o zinco e por fim o IPM tem 12 observações de valores máximos na EA2 e 10 observações de valores mínimo na EA3 (Figura 267 D).

Figura 267 - Distribuição dos valores máximos e mínimos para *E. mollis* e suas respectivas EAs, dados de novembro de 2016 a agosto de 2023: (A) cádmio; (B) chumbo; (C) zinco; (D) IPM. EAs com valores mínimos seguido de * indicam que mais de uma estação registrou valores mínimos (dados não apresentados)



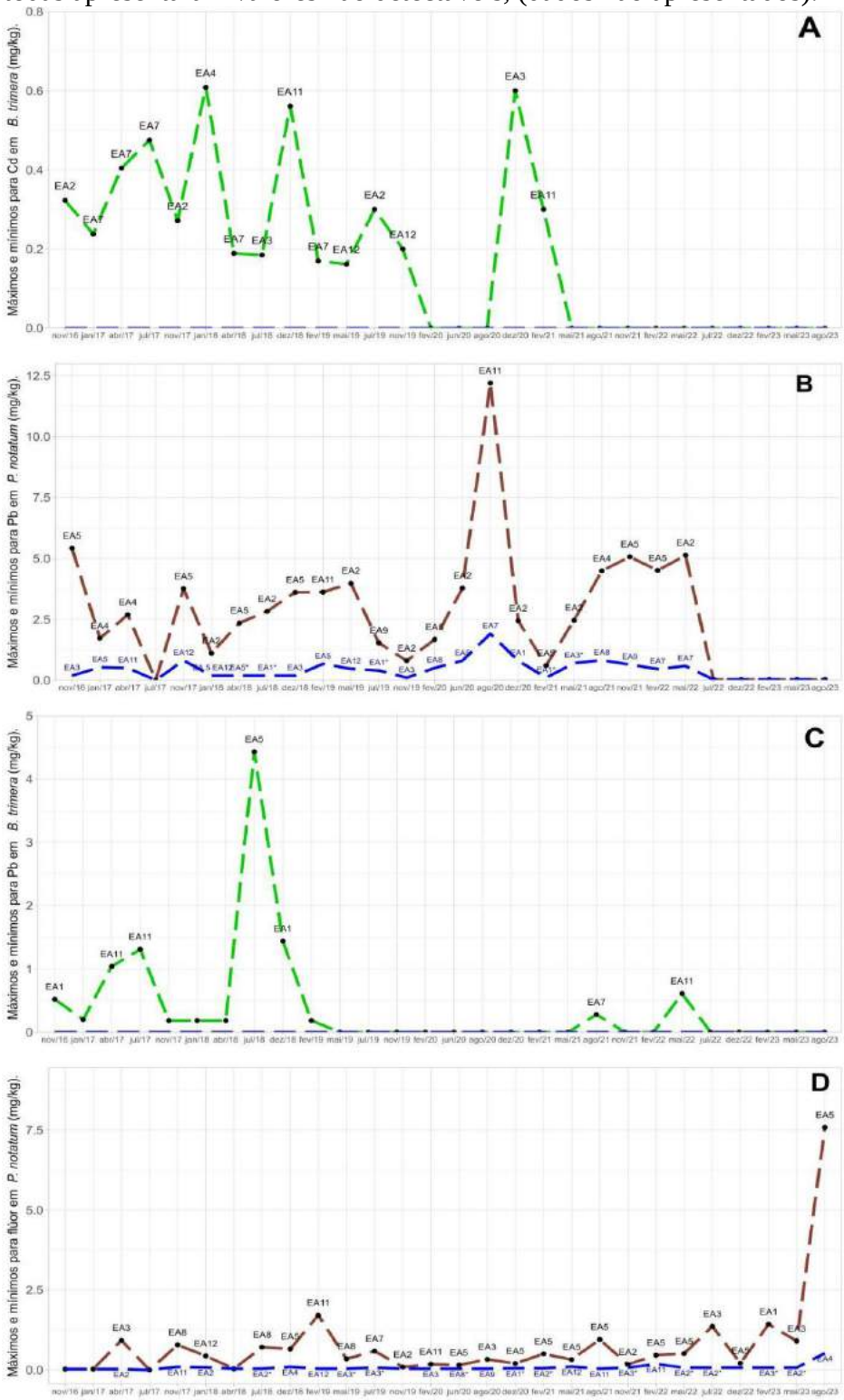
Na Figura 267A podemos observar que os valores detectáveis em cádmio para *B. trimera* foram registrados poucas vezes, sendo que os valores máximos não passaram de 0,60 mg/kg, enquanto os valores mínimos foram todos valores não detectáveis nas demais estações de amostragens, deste agosto de 2021 não são observados valores de cádmio em *B. trimera*.

Para o chumbo (Figura 14 B) o padrão é semelhante, com pouco valores detectáveis, sendo o valor máximo de 4,43 mg/kg em julho de 2018 e assim como o cádmio os demais valores mínimos em chumbo foram não detectáveis para todas as estações amostrais. Para o *P. notatum* (Figura 14 C) os teores de chumbo variaram 12,50 mg/kg a valores não detectáveis. As EAs 2 e 5 apresentaram com maior frequência os valores máximos observados com 9 e 8 observações respectivamente.

Observa-se também que os valores mínimos acompanham os máximos, ou seja valores mínimos maiores quando valores máximos maiores, evidenciando que a contaminação segue padrões sazonais. Não há valores de chumbo detectáveis para *P. notatum* deste julho de 2022.

Por sua vez o flúor em *P. notatum* variou de 7,58 mg/kg a valores não detectáveis, fica evidente o aumento na concentração de flúor que ocorreu na última coleta em comparação com as demais.

Figura 268 - Distribuição de valores máximos e mínimos para B. trimera: (A) cádmio;; (B) chumbo. P. notatum: (C) chumbo, (D) flúor. EAs com valores mínimos seguido de * indicam que mais de uma estação registrou valores mínimos. Ausência de EAs nos valores mínimos indica que todas apresentaram valores não detectáveis, (dados não apresentados).



4.6. DISCUSSÃO

Para efeitos comparativos, Quadro 230 apresenta alguns valores encontrados na literatura existente. É crucial destacar que a absorção de oligoelementos (elementos-traço) varia significativamente entre as diferentes espécies, tanto em termos de acumulação quanto em mecanismos fisiológicos de eliminação (Kabata-Pendias, 2011). Outro aspecto relevante a ser considerado é o contexto regional, uma vez que as plantas são nativas e a presença natural do carvão em Candiota ocorre superficialmente na região. Portanto, depender exclusivamente de um único valor como verdade é inviável. Os valores indicados como tóxicos na Quadro 230 referem-se ao metabolismo das plantas, sugerindo uma possível contaminação ambiental. Vale ressaltar que os valores recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) estão explicitados na tabela, sendo notavelmente menores, pois além de ser um padrão internacional, também é direcionado aos teores em plantas destinadas ao consumo humano direto.

Quadro 230 - Bibliografia com valores de níveis basais e tóxicos para plantas

Oligoelementos	Deficiente	Normal	Tóxico
		10*	30-300[c]
Chumbo Pb		5-10[c]	30-300[b]
		1–13[a]	3-10[d]
Cádmio Cd		0,1-2,4 [a]	5-30[b]
		0,3*	3-10[d]
Zinco Zn	<10c	20–400[a]	100-400[b]
	15-30 [e]	30-300[c]	200-300[d]
			200-500[e]
Flúor F-			30-40[f]

a Bowen (1979), **b** Kabata-Pendias (2011),
c Levy *et* al (1999), **d** Bahlsberg-Pahlsson (1989),
e Romheld and Marschner (1991). * limite permitido em plantas WHO (1998)
f Martins et al, (1992)

No que se refere ao enxofre estabelecer algum tipo de limite é consideravelmente desafiador. Dentre os oligoelementos analisados, o enxofre é o único macronutriente essencial

para o desenvolvimento das plantas, desempenhando diversas funções. O conteúdo de enxofre na planta, em peso seco, pode variar de 0,1% a 1,5%, conforme relatado por De Kok e Luit em 1990. O acúmulo de enxofre depende de fatores como a espécie da planta, a concentração de enxofre no solo, a duração e a intensidade da exposição, além das condições ambientais (Rennenberg e Polle, 1994). Como exemplo, Graciano et al. 2003 encontrou valores de 0,025% a 0,35% em folhas de Tillandsia recurvata provenientes de locais com diferentes níveis de poluição veicular.

De maneira geral, a exposição dos líquens respondeu ao aumento dos elementos na região de Candiota. No entanto, é importante destacar que, no caso do flúor, não foi possível observar tal incrementação em P. tinctorum (Figura 258B), pois a EA0 apresentou o maior valor. Essa discrepância pode estar relacionada à escolha da área para a extração dos líquens, uma vez que as duas espécies foram coletadas em locais distintos e essa diferença não foi observada em U. florida. (B). Todos os valores nos liquens então dentro do citado na literatura, mesmo assim podemos observar os maiores valores em EAs que comummente também apresentam maiores valores no biomonitoramento passivo, como a EA2 e a EA5 para o zinco (Figura 258 C e C) e a EA4 e a EA11 para o enxofre (A).

As herbáceas, por sua vez, mantiveram os valores dentro das expectativas conforme descrito na literatura. Os valores discrepantes foram identificados em estações de amostragem que geralmente apresentam níveis mais elevados, como as EAs 2, 7, 8 e 11, todas localizadas a favor do vento. Uma exceção ocorreu na primavera, quando a EA3 registrou teores mais elevados de zinco, possivelmente relacionados à maior velocidade e direção do vento no quadrante sul-sudeste (Figura 255). No que diz respeito ao enxofre apenas um valor elevado de 0,36% foi observado na EA4, estação de amostragem bem próxima a usina.

No que se refere aos dados ao longo do tempo, e considerando que o E. mollis acumula em maior quantidade os metais, no que se refere ao zinco a maioria dos valores ficou abaixo de 200 mg/kg (Figura 264 e Figura 267 C). Para o chumbo os valores ficaram em grande maioria abaixo de 10 mg/kg, com apenas três registros acima deste valor (Figura 267 B) sendo que nenhum ficou acima de 30 mg/kg (Figura 265 A). Para o cádmio

Figura 266, a maioria ficou abaixo de 2 mg/kg, com apenas 5 registros acima deste (Figura 267 A). No índice de poluição por metais (IPM) podemos observar que a EA2 é mais sujeita a poluição por metais do que outras estações (Figura 267 D). Os metais pesados (chumbo e cádmio) não estão presentes com frequência ou em valores significativos em B. trimera, assim como o cádmio não esta presente em P .notatum, indicando que a presença deste metais se restringe principalmente nas plantas com potencial acumulativo. O padrão de acumulação de chumbo em P. notatum, mesmo apresentando valores menores, é parecido com o do E. mollis. Apesar do aumento da presença de flúor este ficou abaixo do indicativo de contaminação, e a presença constante de maiores valores na EA5, pode estar correlacionada com a proximidade da mineração de calcário (Viana, 2018).

O padrão de biomonitoramento das espécies vegetais nativas ao longo dos anos se mostra consistente. Especificamente, as estações EA2 (Três Lagoas) e EA8 (AFUCAN) apresentam maiores concentrações de chumbo, enquanto a estação EA7 (Assentamento São José) registra teores maiores de cádmio. Ao analisarmos essas estações (EA2, EA8 e EA7) em comparação com as outras ao longo do tempo, torna-se evidente a influência significativa de material particulado proveniente da mineração de carvão. Essa contribuição é mais evidenciada em Três Lagoas do que nas demais, pois Três Lagoas ainda está localizada a favor do vento em relação à mina de carvão (Figura 255). O estudo de dispersão de elementos no solo na mesma região, conduzido por Silva Júnior et al. (2019), corrobora com essa observação. Silva Júnior et al. (2019) indica que a mina de carvão desempenha um papel mais significativo na contaminação do solo, sobretudo, no caso do cádmio, uma vez que as concentrações eram inicialmente baixas nas proximidades da usina, mas aumentaram após a passagem pela área de mineração de carvão.

A estação EA1 foi designada como estação de referência, uma escolha preferencial em relação a uma estação de controle, devido às suas características idênticas à região estudada, incluindo a presença das mesmas espécies, facilitando a comparação do "background" da região. Ao longo dos anos, observou-se que a EA3 também pode ser utilizada para comparações com as demais estações. A razão para isso provavelmente reside nos valores inferiores de teores

observados na EA3, associados à sua orientação oposta à usina, além de ser protegida por uma plantação de eucaliptos, que atua como um filtro para os poluentes atmosféricos.

4.7. CONCLUSÃO

O biomonitoramento e o uso de bioindicadores são técnicas estabelecidas na avaliação da qualidade ambiental. No entanto, eles não fornecem informações diretas sobre o estado do ambiente. A acumulação desses indicadores nas espécies vegetais deve ser elucidada e quantificada para interpretar adequadamente os dados derivados de amostras ambientais. Nesse contexto, análises estatísticas e o uso de múltiplos bioindicadores são indispensáveis. É importante destacar que atribuir causalidade a todos os valores encontrados com a termoelétrica é improvável, pois a região possui diversas outras fontes e as interações no meio ambiente são diversas e complexas.

As últimas campanhas revelaram uma redução nos metais pesados chumbo e cádmio, juntamente com um aumento na concentração de flúor. Mesmo assim, os níveis dos oligoelementos na região adjacente à usina em Candiota estão dentro do esperado para ambientes com influência antrópica. Portanto, podemos afirmar que a termoelétrica não está causando uma contaminação grave em relação aos teores observados nas plantas biomonitoras.

4.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bahlsberg-Pahlsson AM (1989) Toxicity of heavy metals (Zn, Cu, Cd, Pb) to vascular plants. Water Air Soil Pollut 47:287–319

Bowen, H. J. M. Environmental Chemistry of the Elements. London: Academic Press, 1979.

De Kok, Luit J. "Sulfur Metabolism in plants exposed to atmospheric sulfur ." Higher plants (1990): 111.

Divan, Armando Molina et al. Using wild plant species as indicators for the accumulation of emissions from a thermal power plant, Candiota, South Brazil. Ecological Indicators, v. 9, n. 6, p. 1156-1162, 2009.

INMET. Estação Automática de Bagé (A827), Disponível em https://tempo.inmet.gov.br/ TabelaEstacoes/ A001 acesso em 22 de agosto de 2023.

Graciano, C., Fernández, L. V., & Caldiz, D. O. (2003). Tillandsia recurvata L. as a bioindicator of sulfur atmospheric pollution. Ecología Austral, 13(1), 3-14.

Kabata-Pendias, A. *Trace elements in Soils and Plants*. 4. Ed. Boca Raton: CRC Press, 2011.

Levy, D. B., Redente, E. F., & Uphoff, G. D. (1999). Evaluating the phytotoxicity of Pb-Zn tailings to big bluestem (Andropogon gerardii Vitman) and switchgrass (Panicum virgatum L.). *Soil Science*, *164*(6), 363-375.

Martins, A. F., Schwingel, E., Alvarez Filho, A., & Flores, É. M. (1992). CONCENTRAÇÃO DE FLÚOR EM DIFERENTES ESPÉCIES DE PASTAGENS DA REGIÃO CARBOELÉTRICA DE CANDIOTA-RS. Ciência Florestal, 2, 119-132.

Migliavacca, D.; Teixeira, E. C.; Pires, M. & Fachel, J. (2004) Study of chemical elements in atmospheric precipitation in South Brazil. *Atmospheric Environment* 38: 1641-1656.

Nakazato, R. K. et al. Efficiency of biomonitoring methods applying tropical bioindicator plants for assessing the phytoxicity of the air pollutants in SE, Brazil. (2018) *Environmental Science and Pollution Research* 25: 19323–19337.

Rennenberg H and Polle A (1994) Metabolic consequences of atmospheric sulphur influx into plants. In: Alscher RG and Wellburn AR (eds) Plant Responses to the Gaseous Environment, pp 165-180, Chapman and Hall, London

Römheld, V., & Marschner, H. (1991). Function of micronutrients in plants. Micronutrients in agriculture, 4, 297-328.

Silveira, Fernanda Schmidt; Azzolini, Marisa; Divan, Armando Molina. Scanning cadmium photosynthetic responses of *Elephantopus mollis* for potential phytoremediation practices. Water, Air, & Soil Pollution, v. 226, p. 1-12, 2015.

Silva Júnior, Flavio Manoel Rodrigues et al. Distribution of potentially harmful elements in soils around a large coal-fired power plant. Environmental Geochemistry and Health, v. 41, p. 2131-2143, 2019.

Singh, A.; Sharma, R. K. & Agrawal, S. B. (2008) Effects of fly ash incorporation on heavy metal accumulation, growth and yield responses of Beta vulgaris plants. Bioresource Technology 99: 7200-7207.

Viana, G. V de Almeida Impacts na ánalise técnica de projetos de lavra de cálcario para fabricação de cimento. Dissertação de mestradoEscola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2018

World Health Organization (WHO). Quality Control Methods for Medicinal Plant Materials. Geneva: WHO; 1998

4.9. ANEXOS

Anexo 1:Teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), zinco (Zn), enxofre (S) e fluoreto (F-) na matéria seca de de *Parmotrna tinctorum* e *Usnea florida* em onze estações de amostragem nas adjacências da usina termoelétrica de Candiota. Teores em mg/kg, enxofre em %, **valores máximos**, valores mínimos, LQ (limite de quantificação).

Teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), zinco (Zn) e enxofre (S) na matéria seca de folhas de

U. florida	EAs	Cd	Pb	Zn	S	F⁻	LQ Metais	LQ S	LQ F⁻
	EA0	< 0,25	< 0,25	2,40	0,113	0,42	0,25	9,80	0,36
	EA1	< 0,25	< 0,25	5,21	0,120	0,66	0,25	9,80	0,25
	EA2	< 0,25	< 0,25	8,09	0,139	**1,55**	0,25	9,80	0,82
	EA3	< 0,25	< 0,25	8,30	0,146	< 0,15	0,25	10,00	0,15
	EA4	< 0,25	< 0,25	7,67	0,190	1,15	0,25	9,43	0,31
	EA5	< 0,25	< 0,25	10,41	0,122	0,47	0,25	10,00	0,25
	EA6	< 0,25	< 0,25	5,81	0,123	0,72	0,25	9,26	0,18
	EA7	< 0,46	< 0,46	7,53	0,132	0,41	0,46	9,80	0,38
	EA8	< 0,45	< 0,45	7,69	0,120	< 0,07	0,45	9,09	0,07
	EA9	< 0,25	< 0,25	8,56	0,108	0,43	0,25	9,09	0,27
	EA11	< 0,50	< 0,50	9,61	**0,192**	< 0,07	0,50	10,00	0,07
	EA12	< 0,25	< 0,25	7,76	0,159	0,66	0,25	10,00	0,38
P. tinctotrum	EAs	Cd	Pb	Zn	S	F⁻	LQ Metais	LQ S	LQ F⁻
	EA0	< 0,25	< 0,25	13,41	0,075	**1,13**	0,25	9,62	0,29
	EA1	< 0,25	< 0,25	13,96	0,101	0,98	0,25	9,09	0,33
	EA2	< 0,46	< 0,46	**22,23**	0,163	0,88	0,46	9,26	0,34
	EA3	< 0,25	< 0,25	15,27	0,125	< 0,55	0,25	9,80	0,55
	EA4	< 0,25	< 0,25	17,14	0,104	0,79	0,25	9,43	0,51
	EA5	< 0,25	< 0,25	15,15	0,126	0,94	0,25	10,00	0,35
	EA6	< 0,25	< 0,25	18,96	**0,200**	0,86	0,25	10,00	0,50
	EA7	< 0,25	< 0,25	15,13	0,111	0,71	0,25	10,00	0,40
	EA8	< 0,25	< 0,25	17,65	0,128	0,46	0,25	9,62	0,45
	EA9	< 0,25	< 0,25	16,90	0,136	0,78	0,25	9,26	0,26
	EA11	< 0,25	< 0,25	17,54	0,147	< 0,52	0,25	9,62	0,52
	EA12	< 0,25	< 0,25	17,22	0,145	1,04	0,25	9,43	0,56

Elephantopus mollis, caules alados de Baccharis trimera e Paspalum notatum (F- apenas em P. notatum)

em dez estações de amostragem nas adjacências da usina termoelétrica de Candiota. Teores em mg kg-1, enxofre em %, **valores máximos**, valores mínimos, LQ (limite de quantificação):

Anexo 2: Coleta de primavera.

B. trimera	EA	Cd	Pb	Zn	S	F	LQ Metais	LQ S	LQ F
	1	< 0,58	< 0,58	16,46	0,093	_	0,58	11,59	_
	2	< 0,55	< 0,55	30,06	0,055	_	0,55	10,92	_
	3	< 0,69	< 0,69	**198,78**	0,095	_	0,69	13,77	_
	4	< 0,66	< 0,66	48,16	0,093	_	0,66	13,26	_
	5	< 0,55	< 0,55	19,1	0,068	_	0,55	10,90	_
	7	< 0,61	< 0,61	23,68	0,069	_	0,61	12,12	_
	8	< 0,52	< 0,52	40,34	**0,112**	_	0,52	10,30	_
	9	< 0,67	< 0,67	29,55	0,099	_	0,67	13,30	_
	11	< 0,53	< 0,53	24,98	0,099	_	0,53	10,64	_
	12	< 0,56	< 0,56	46,93	0,095	_	0,56	11,17	_
E. mollis	EA	Cd	Pb	Zn	S	F	LQ Metais	LQ S	LQ F
	1	< 0,54	< 0,54	22,02	0,067	_	0,54	10,83	_
	2	1,13	< 0,55	**165,89**	0,106	_	0,55	10,96	_
	3	< 0,51	< 0,51	42,54	0,077	_	0,51	10,27	_
	4	< 1,38	< 1,39	148,01	**0,364**	_	1,38	27,62	_
	5	< 0,50	< 0,50	53,87	0,115	_	0,50	10,04	_
	7	**1,30**	< 0,54	54,10	0,140	_	0,54	10,73	_
	8	< 0,51	< 0,51	104,43	0,179	_	0,51	10,15	_
	11	< 0,51	< 0,51	14,32	0,032	_	0,51	10,2	_
	12	< 0,50	< 0,50	45,30	0,063	_	0,50	10,07	_
P. notatum	EA	Cd	Pb	Zn	S	_	LQ Metais	LQ S	_
	1	< 0,48	< 0,48	20,87	0,094	< 0,15	0,48	9,67	0,15
	2	< 0,50	< 0,50	26,26	0,090	< 0,14	0,50	9,99	0,14
	3	< 0,54	< 0,54	14,50	0,093	< 0,12	0,54	10,71	0,12
	4	< 0,54	< 0,54	18,21	0,081	< 0,26	0,54	10,69	0,26
	5	< 0,53	< 0,53	14,36	0,075	**0,21**	0,53	10,56	0,17
	7	< 0,54	< 0,54	22,72	0,097	< 0,13	0,54	10,82	0,13
	8	< 0,50	< 0,5	39,04	0,099	< 0,11	0,50	9,96	0,11
	9	< 0,56	< 0,56	**39,20**	0,069	< 0,16	0,52	10,3	0,16
	11	< 0,50	< 0,50	15,70	**0,106**	< 0,15	0,50	9,99	0,15
	12	< 0,54	< 0,54	35,16	0,089	< 0,19	0,54	10,74	0,19

Anexo 3: Coleta de verão.

B. trimera	EAs	Cd	Pb	Zn	S	F	LQ Metais	LQ S	LQ F
	1	<0,63	<0,63	30,99	0,101	_	0,63	12,68	_
	2	<0,61	<0,61	20,82	0,105	_	0,61	12,27	_
	3	<0,80	<0,80	39,07	**0,168**	_	0,80	16,05	_
	4	<0,90	<0,90	**58,09**	0,141	_	0,90	18,02	_
	5	<0,72	<0,72	26,49	0,116	_	0,72	14,33	_
	7	<0,61	<0,61	25,46	0,078	_	0,61	12,25	_
	8	<0,73	<0,73	41,91	0,139	_	0,73	14,65	_
	9	<0,69	<0,69	12,15	0,059	_	0,69	13,84	_
	11	<0,68	<0,68	23,34	0,125	_	0,68	13,62	_
	12	<0,67	<0,67	30,58	0,060	_	0,67	13,48	_
E. mollis	EAs	Cd	Pb	Zn	S	F	LQ Metais	LQ S	LQ F
	1	<0,65	<0,65	31,71	0,136	_	0,65	13,09	_
	2	<0,55	<0,55	33,74	0,041	_	0,55	10,98	_
	3	<0,54	<0,54	22,90	0,122	_	0,55	10,90	_
	4	<0,54	<0,54	31,31	0,135	_	0,54	10,80	_
	5	<0,60	<0,60	61,92	**0,145**	_	0,60	11,96	_
	7	<0,54	<0,54	22,89	0,119	_	0,54	10,71	_
	8	<0,62	<0,62	**72,28**	0,142	_	0,62	12,30	_
	9	_	_	_	_	_			_
	11	<0,63	<0,63	30,27	0,110	_	0,63	12,50	_
	12	<0,57	<0,57	53,75	0,120	_	0,57	11,37	_
P. notatum	EAs	Cd	Pb	Zn	S	F	LQ Metais	LQ S	LQ F
	1	<0,86	<0,86	**45,15**	**0,228**	**1,43**	0,86	17,18	0,32
	2	<0,56	<0,56	35,54	0,176	< 0,21	0,56	11,17	0,21
	3	<0,58	<0,58	41,34	0,152	< 0,24	0,58	15,53	0,24
	4	<0,58	<0,58	33	0,159	< 0,22	0,58	11,52	0,22
	5	<0,66	<0,66	28,33	0,155	< 0,16	0,66	13,18	0,16
	7	<0,59	<0,59	14,32	0,078	0,33	0,59	11,17	0,20
	8	<0,74	<0,74	42,87	0,153	0,33	0,74	14,86	0,18
	9	<0,69	<0,69	26,29	0,180	< 0,15	0,69	13,84	0,15
	11	<0,63	<0,63	18,64	0,099	< 0,17	0,63	12,62	0,17
	12	<0,64	<0,64	39,97	0,127	0,54	0,64	12,75	0,17

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Anexo 4: Coleta de outono.

B. trimera	EAs	Cd	Pb	Zn	S	F⁻	LQ Metais	LQ S	LQ F⁻
	1	< 0,25	< 0,25	49,71	**0,227**	_	0,25	10	_
	2	< 0,25	< 0,25	28,54	0,106	_	0,25	10	_
	3	< 0,25	< 0,25	47,79	0,114	_	0,25	10	_
	4	< 0,25	< 0,25	24,73	0,095	_	0,25	10	_
	5	< 0,25	< 0,25	22,14	0,095	_	0,25	10	_
	7	< 0,25	< 0,25	29,23	0,126	_	0,25	10	_
	8	< 0,25	< 0,25	24,57	0,100	_	0,25	10	_
	9	< 0,25	< 0,25	**52,15**	0,139	_	0,25	10	_
	11	< 0,25	< 0,25	21,79	0,158	_	0,25	10	_
	12	< 0,25	< 0,25	18,13	0,155	_	0,25	10	_
E. mollis	EAs	Cd	Pb	Zn	S	F⁻	LQ Metais	LQ S	LQ F⁻
	1	< 0,25	< 0,25	22,52	0,090	_	0,25	10	_
	2	< 0,25	< 0,25	**96,49**	0,219	_	0,25	10	_
	3	< 0,25	< 0,25	70,83	0,197	_	0,25	10	_
	4	< 0,25	< 0,25	41,22	**0,264**	_	0,25	10	_
	5	< 0,25	< 0,25	50,07	0,132	_	0,25	10	_
	7	< 0,25	< 0,25	44,92	0,165	_	0,25	10	_
	8	< 0,25	< 0,25	30,46	0,121	_	0,25	10	_
	9	_	_	_	_	_	0,25	10	_
	11	< 0,25	< 0,25	55,61	0,146	_	0,25	10	_
	12	< 0,25	< 0,25	34,91	0,102	_	0,25	10	_
P. notatum	EAs	Cd	Pb	Zn	S	F⁻	LQ Metais	LQ S	LQ F⁻
	1	< 0,25	< 0,25	23,38	**0,154**	0,2	0,25	10	0,16
	2	< 0,25	< 0,25	23,27	0,105	< 0,16	0,25	10	0,16
	3	< 0,25	< 0,25	28,43	0,098	0,9	0,25	10	0,16
	4	< 0,25	< 0,25	21,87	0,136	0,21	0,25	10	0,16
	5	< 0,25	< 0,25	20,35	0,148	**0,53**	0,25	10	0,16
	7	< 0,25	< 0,25	42,72	0,128	< 0,16	0,25	10	0,16
	8	< 0,25	< 0,25	23,54	0,103	< 0,24	0,25	10	0,24
	9	< 0,25	< 0,25	34,34	0,146	0,42	0,25	10	0,16
	11	< 0,25	< 0,25	**61,00**	0,140	< 0,23	0,25	10	0,23
	12	< 0,25	< 0,25	42,27	0,133	< 0,18	0,25	10	0,18

Anexo 5: Coleta de inverno.

B. trimera	EAs	Cd	Pb	Zn	S	F⁻	LQ Metais	LQ S	LQ F⁻
	1	< 0,45	< 0,45	41,89	0,125	_	0,46	9,09	_
	2	< 0,47	< 0,47	14,68	0,093	_	0,47	9,43	_
	3	< 0,50	< 0,50	**83,61**	**0,168**	_	0,50	10,00	_
	4	< 0,50	< 0,50	37,46	0,132	_	6,00	10,00	_
	5	< 0,25	< 0,25	27,68	0,142	_	0,25	10,00	_
	7	< 0,47	< 0,47	24,00	0,167	_	0,25	9,43	_
	8	< 0,50	< 0,50	32,94	0,115	_	0,25	10,00	_
	9	< 0,47	< 0,47	16,12	0,111	_	0,25	10,00	_
	11	< 0,45	< 0,45	16,20	0,135	_	0,25	10,00	_
	12	< 0,48	< 0,48	43,34	0,096	_	0,25	10,00	_
E. mollis	EAs	Cd	Pb	Zn	S	F⁻	LQ Metais	LQ S	LQ F⁻
	1	< 0,50	< 0,50	46,15	**0,234**	_	0,25	10	_
	2	< 0,50	< 0,50	65,89	0,119	_	0,25	10	_
	3	< 0,46	< 0,46	20,13	0,074	_	0,25	10	_
	4	< 0,25	< 0,25	26,32	0,078	_	0,25	10	_
	5	< 0,46	< 0,46	40,03	0,168	_	0,25	10	_
	7	< 0,25	< 0,25	23,02	0,122	_	0,25	10	_
	8	< 0,47	< 0,47	**78,05**	0,124	_	0,25	10	_
	9	_	_	_	_	_	0,25	10	_
	11	< 0,48	< 0,48	58,14	0,098	_	0,25	10	_
	12	< 0,45	< 0,45	51,29	0,118	_	0,25	10	_
P. notatum	EAs	Cd	Pb	Zn	S	F⁻	LQ Metais	LQ S	LQ F⁻
	1	< 0,47	< 0,47	28,63	0,133	0,91	0,25	9,43	0,16
	2	< 0,49	< 0,49	**54,86**	0,145	4,47	0,25	9,8	0,44
	3	< 0,25	< 0,25	25,19	0,153	0,96	0,25	10	0,38
	4	< 0,47	< 0,47	30,78	**0,169**	0,52	0,25	9,43	0,19
	5	< 0,49	< 0,49	17,39	0,156	**7,58**	0,25	9,8	0,66
	7	< 0,47	< 0,47	17,18	0,121	1,52	0,25	9,43	0,47
	8	< 0,50	< 0,50	25,63	0,117	1,21	0,25	9,8	0,55
	9	< 0,50	< 0,50	21,27	0,169	0,91	0,25	9,8	0,35
	11	< 0,50	< 0,50	20,42	0,126	4,13	0,25	10	0,46
	12	< 0,25	< 0,25	19,12	0,152	1,34	0,25	9,43	0,46

5. ATIVIDADE PECUÁRIA

Responsável técnica: Médica Veterinária Drª. Verônica Schmidt - CRMV/RS Nº 3544

O monitoramento da atividade pecuária tem como objetivo geral caracterizar os impactos das emissões da Usina Termelétrica (UTE) Presidente Médice, em Candiota, na atividade pecuária local. Para tanto, solo, extrato vegetal e animais são monitorados.

Para atingir o objetivo geral, foram estabelecidos como objetivos específicos:

- Avaliar o índice de alterações dentárias em ovinos e bovinos produzidos e criados em áreas adjacentes à usina;
- Determinar a quantidade de sílica e flúor no solo e plantas de unidades produtivas de ovinos;
- Estabelecer correlação entre as alterações dentárias (mosqueamento e desgaste excessivo) e a quantidade de sílica e flúor determinadas em amostras de solo e planta.

5.1. DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES AMOSTRAIS E PARÂMETROS DE MONITORAMENTO

O Monitoramento Ambiental da região de abrangência dos impactos da usina Termoelétrica (UTE) de Candiota está constituído pelo Programa de Monitoramento para os Ambientes Aquático e Terrestre e estes, pelo conjunto de Planos Ambientais associados aos diversos compartimentos ambientais considerados.

As unidades produtivas (UP) para o monitoramento do impacto da UTE Presidente Médici, em Candiota, na atividade agropecuária são distintas das unidades produtivas monitoradas pelos demais compartimentos da atividade terrestre, sendo que apenas a EA2 é a mesma. Isto porque, ao longo do período de monitoramento, diversos fatores têm sido determinantes na alteração das UP, tais como falecimento do proprietário, encerramento ou redução da produção pecuária. O incremento das áreas de produção de soja e florestamento também contribuem para esta alteração de UP sendo o aumento na ocorrência de abigeato um fator a ser consideradp pois levou à redução dos rebanhos ovinos. Contudo, tem-se mantido proximidade entre as unidades que compõe as EA no monitoramento agropecuário com as demais unidades produtivas que compõem as EA dos demais compartimentos.

A direção das cinco estações de monitoramento do ambiente terrestre em relação à UTE Presidente Médici, em Candiota, são descritas no Quadro 231.

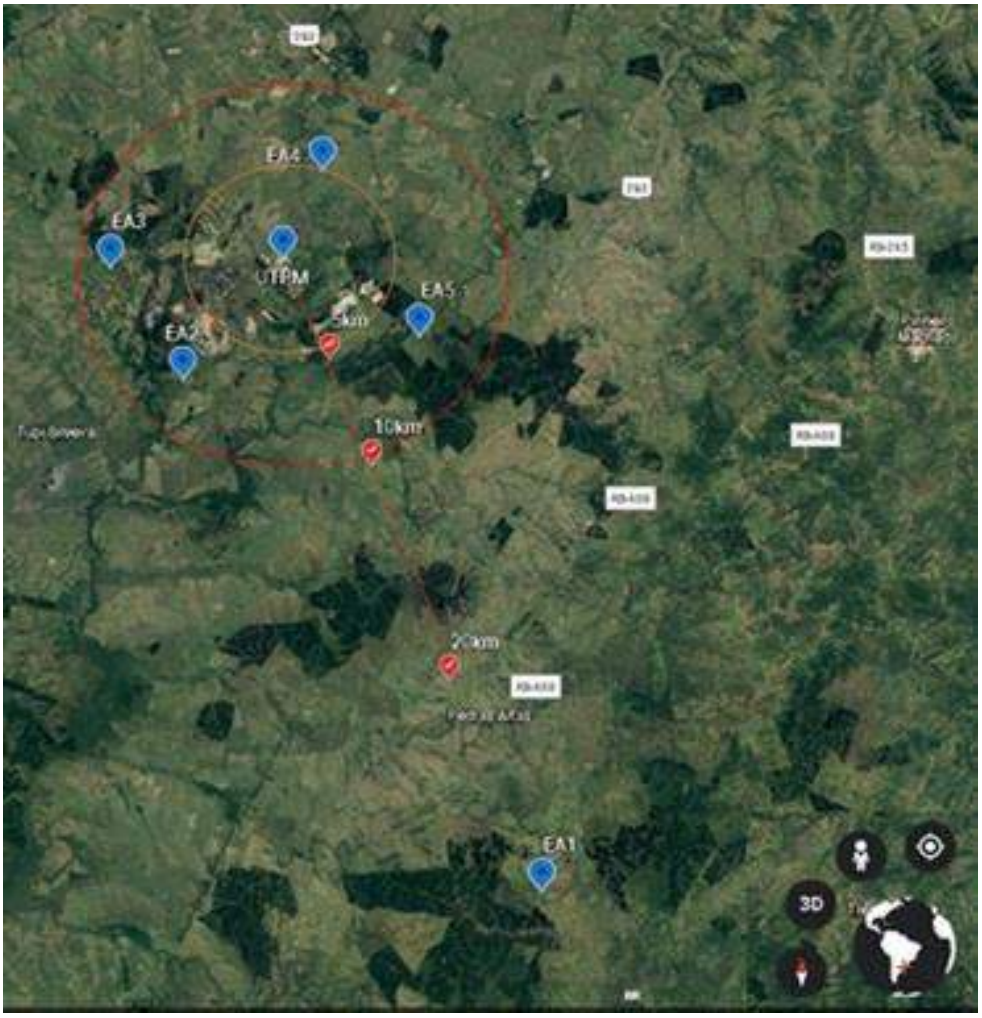
Quadro 231 - Localização das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Terrestre – atividade Pecuária

Estação Amostral	Coordenadas do Ponto	Denominação
EA 1	S31º44.033'/ W053º35.108'	Fazenda Tarumã (referência)
EA 2	UTM 241561 / 6501179	Fazenda Três Lagoas
EA 3	S31º32.906'/ W053º44.193'	Sr. Francisco Vanderlei Vasconcelos
EA 4	S31º30.849'/ W053º39.147'	Sr. Clair Saraçol (Nordeste)
EA 5	S31º35.541'/ W053º37.733'	Sr. Custódio Gomes (Sudeste)

5.2. METODOLOGIA

Foi desenvolvido um Plano de Monitoramento do Solo e do Estrato Vegetal visando avaliar o impacto sobre a atividade agropecuária, com ênfase sobre os rebanhos ovino e bovino, na área de influência da UTE Presidente Médici, em Candiota (figura 269).

Figura 269 - Unidades amostrais para monitoramento (pontos azuis) onde o círculo amarelo representa um raio de 5 Km de distância da usina e o vermelho, 10 km.



5.3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo situa-se na Campanha, região Sudoeste (Rambo, 1956), cuja paisagem é de topografia plana, com colinas onduladas em que a vegetação é predominantemente pastagens (campos). Esta região é limitada ao norte pela encosta do planalto, ao sul pela fronteira com o Uruguai, a leste pela cordilheira Sudeste e a oeste pelo rio Uruguai, que abrange 50.000 km^2 ou 18% da superfície total do Rio Grande do Sul.

A produção agropecuária, juntamente com fatores ambientais (topografia, disponibilidade de água, tipos de solo) exerce influência na fisionomia das comunidades vegetais da região. Entre os tipos de campos, dois são destacados:

Campo Baixo – também chamado de "Campo Limpo" (Figura 270), que é mantido sob pastejo regular, com colocação de gado adequado (Boldrini & Miotto, 1987; Girardi-Deiro et al, 1992.); botanicamente, neste tipo de pastagens predominam espécies da família Poaceae (gramíneas – que possuem folhas semelhantes a lâminas, e em sua maioria, possui caule oco e raízes ramificadas. Existem inúmeras espécies de gramíneas, cerca de 1000 espécies, distribuindo em 650 gêneros.); e

Figura 270 – Exemplo de campo baixo



Campo Alto - onde há um denso e contínuo estrato herbáceo, com boa cobertura de espécies de Poaceae. Fisionomicamente, no entanto, espécies eudicotiledôneas sub-arbustivas destacam-se (figura 271), com destaque para as espécies da família Asteraceae (Ervas anuais ou perenes, arbustos, subarbustos, caule geralmente cilíndrico, folhas em roseta, simples, apresentam inflorescência) (Roque & Bautista, 2008).

Figura 271 – Exemplo campo alto



O clima da região é do tipo Cfa, com uma precipitação anual de 1.460 mm e temperatura média anual de 17,9 ºC. A direção predominante do vento, em qualquer época do ano é do nordeste, com uma velocidade média de 4 $m.s^{-1}$ (Migliavacca et al., 2004). A usina consome em torno de 100 mil $t.mês^{-1}$ de carvão com baixo valor calórico e alto teor de cinzas (Pires & Querol, 2004) para gerar eletricidade.

5.4. AMOSTRAGEM

Para o monitoramento dos rebanhos ovino e bovino, solo e estrato vegetal (pastagem) foram amostrados nas cinco Estações Amostrais, constituídas por uma ou mais UP (Figura 1).

A seleção das UPs que representam as estações amostrais deu-se por conveniência considerando a localização (distância e posição quanto aos pontos cardeais em relação à UTE Presidente Médici, em Candiota), produção de rebanho ovino e bovino, bem como a predisposição e concordância dos produtores em participar do projeto.

Em relação ao acompanhamento da atividade pecuária, a frequência do monitoramento foi bianual (verão e outono) para o rebanho produtivo. Isto porque nos animais, os sinais observados são por exposição crônica ao poluente, não diferindo conforme os meses do ano. E o verão e outono justificam-se por ser um período em que as fêmeas se encontram vazias (não gestantes) ou em início de gestação e sem cordeiros/terneiros ao pé (em amamentação), o

que evita riscos sanitários e atende aos pressupostos de bem-estar no manejo com os animais. As amostragens de estrato vegetal e solo tiveram frequência trimestral.

5.4.1. Animais: rebanhos ovino e bovino

O número de indivíduos amostrado em cada Estação Amostral foi de, no mínimo, 20 indivíduos. Os critérios de inclusão na amostra são: serem adultos e ter passado a fase de crescimento na estação amostral (Figura 272).

Figura 272 - Rebanho ovino (EA4)



Na estação de referência (EA 1), a amostragem abrange ovinos criados fora da área de influência da fonte emissora, bem como de qualquer outra fonte que possa confundir os resultados da amostragem. Estes animais possuem as seguintes características: serem criados no local e ter dieta semelhante à dos animais da área a ser monitorada (pastagem nativa na mesma região fitofisionômica).

Para amostragem, os animais são encaminhados às instalações de contenção e trabalho (mangueira e brete) existentes nas UP (Figura 273), onde são avaliados aqueles que atendem os critérios de inclusão. Obedecendo a sequência de ingresso dos animais no brete, estes são

contidos manualmente para avaliação de alterações dentárias e registro fotográfico dos dentes incisivos.

Figura 273 – Ovinos encaminhados ao brete (EA2)



Grau de severidade: Leve com procedimentos abaixo do limiar inferior. Embora este procedimento possa resultar em desconforto leve e de curto tempo de duração, a amostragem se dá por observação da cavidade bucall (

Figura 274) durante os procedimentos rotineiros de avaliação e seleção na produção animal e que não acarreta prejuízos ao bem-estar ou nas condições gerais dos animais. Para determinação do período de amostragem, considerou-se o período fisiológico dos animais (janeiro/fevereiro: antes da estação de monta, quando as fêmeas se encontram vazias e sem cria ao pé), atendendo aos requisitos de bem-estar animal.

Figura 274 – Exame da cavidade bucal de ovinos



Quanto ao rebanho bovino, as condições para amostragem devem ser avaliadas em cada UP da região, uma vez que o sistema de produção de bovinos das UP é de engorda/terminação, o que envolve a aquisição de animais maiores de 2 anos de idade nascidos em outras regiões.

5.4.2. Estrato vegetal (pastagem)

Em cada estação amostral, bem como na estação de referência, foi coletada uma amostra representativa de *Paspalum notatum* Flueggé (grama forquilha, Poaceae), espécie nativa representativa da pastagem natural da área de estudo (

Figura 275). Por amostra representativa entende-se uma amostra constituída por no mínimo 18 unidades amostrais, as quais foram reunidas para formar uma amostra composta.

As amostras são coletadas, se necessário, com auxílio de instrumentos e armazenadas em bolsas plásticas identificadas e mantidas sob refrigeração até o processamento em laboratório.

Figura 275 - Coleta de extrato vegetal (Paspalum notatum)



5.4.3. Solo

Foi utilizada amostragem ao acaso (Coelho, 2003), selecionando-se de cada EA uma área homogênea onde os animais se encontrem em pastoreio (Squiba et al., 2007).

O procedimento para amostragem do solo se constituiu na coleta de um mínimo de 25 unidades amostrais de solo superficial (Figura 276), de 0 a 20 cm de profundidade, com auxílio de instrumento apropriado, as quais serão colocadas em um recipiente para homogeneização e formação da amostra composta (totalizando cerca de 500g de solo). As amostras foram armazenadas em sacos plásticos identificados por EA.

Figura 276 - coleta de solo



5.4.4. Pesquisa bibliográfica

No período de monitoramento, foi realizada pesquisa bibliográfica em bases de dados científicos.

5.5. METODOLOGIAS DE ANÁLISE

5.5.1. Rebanho

Os indivíduos do rebanho foram avaliados em cada uma das cinco Estações de Amostragem (EA) para estimativa de idade pela dentição, uma vez que dados precisos sobre as datas dos nascimentos são pouco frequentes na produção tradicional de ovinos (Sandoval Jr., 2011).

Quadro 232 - Estimativa de idade em ovinos, pela dentição

Idade (anos)	Dentição	Denominação
< 1,5	Dentes de leite	DL
1,5 a 2,0	Substituição de 2 pinças (incisivos)	2 dentes
3	Substituição dos primeiros médios	4 dentes
4	Substituição dos segundos médios	6 dentes
5	Substituição dos cantos	8 dentes (Boca cheia)

Fonte: Adaptado de Sandoval (2011).

Foi realizada a determinação da presença de alterações dentárias, apresentadas a seguir

Área de mosqueamento (Figura 277): que consiste na presença de manchas de cor amarela, castanha ou negro esverdeada (Jones et al., 2000);

Figura 277 – Exemplo de mosqueamento



- Atritamento excessivo: dentes curtos (Figura 278) em decorrência do desgaste rápido (Jones et al.,2000);

Figura 278 – Desgaste excessivo com exposição de polpa dental



- Cárie (Jones et al., 2000);

Desgaste: em face oclusal ou labial, em meia lua (figura 279), em escada (Ollhoff et al., 2005);

Figura 279 – Desgaste dos incisivos em meia lua.



- Inserção oblíqua (Ollhoff et al., 2005);
- Persistência: presença de dentes de leite com erupção dos permanentes (Ollhoff et al.,2005).
- Exposição de polpa e fratura (Figura 280) (Ollhoff et al., 2005);

Figura 280 - Presença de dente quebrado



Na avaliação de patologias bucais, a cavidade bucal foi examinada e as alterações observadas foram anotadas em planilha específica e, pelo menos, 10% dos indivíduos tiveram seus dentes incisivos fotografados para ter-se uma imagem frontal (figura 281). Estas fotografias foram identificadas por indivíduo, propriedade e EA e foram utilizadas para identificação do grau/Indice de mosqueamento e desgaste dentário médios de cada EA.

Figura 281 – Anotando em planilha as patologias observadas na cavidade bucal de ovinos e fotografando os dentes incisivos para determinação do índice de mosqueamento



Para a determinação do grau de mosqueamento foi utilizada a seguinte escala, adaptada de Riet-Correa et al. (1986):

- grau 1, sem lesão;

- grau 2, presença de pontos de cor marrom no esmalte, ou manchas amarelas difusas, ou manchas brancas discretas;
- grau 3, pontos marrons difusos no esmalte, grandes áreas com manchas com aspecto de giz ou manchas marrom;
- grau 4, hipocalcificação ou erosão do esmalte e manchas marrom ou brancas difusas;
- grau 5, lesões similares às anteriores, mas com desgaste exagerado em relação aos incisivos mais próximos.

Para comparação visual do grau de mosqueamento nas fotografias, utilizou-se com referência a Figura 282.

Figura 282 - Modelo para determinação do índice de mosqueamento



Os dados das planilhas e o índice de mosqueamento integram os indicadores de qualidade que, associados aos demais parâmetros analisados pelas equipes de monitoramento terrestre, no mesmo período, resultam no Indicador Integrado de Qualidade.

Para estimar a ocorrência da periodontite foi utilizada como indicador de lesão periodontal, nas ovelhas examinadas, a presença de recessão gengival nos dentes incisivos e mastigatórios. De forma visual, a recessão gengival foi classificada em classes, de 0 a 3, conforme a Agostinho (2017), em que 0 = ausência de recessão gengival; 1 = recessão gengival discreta ou que não supera a junção mucogengival; 2 = recessão gengival moderada ou que se estende além da junção mucogengival e 3 = recessão gengival severa ou que se estende além da junção mucogengival e ocorre perda de tecido de proteção na região interdental e/ou posicionamento dentário inadequado

5.5.2. Estrato vegetal (pastagem) e solo

Todas as amostras *P. notatum* e de solo coletadas foram encaminhadas ao Laboratório CEIMIC Regional Sul Análises Químicas e Toxicológicas Ltda. para quantificação de fluoretos e sílica, respectivamente pelos métodos analíticos SM 4500 F-D e cálculo Estequiométrico.

5.5.3. Pesquisa bibliográfica

A partir dos trabalhos e dados encontrados com a pesquisa bibliográfica, foi realizada revisão sistemática sobre o tema, selecionando e avaliando criticamente pesquisas relevantes sobre o tema (Atallah, 1998). Nos artigos de periódicos selecionados nas bases de dados (Scopus, Web of Science, Science Direct) foi utilizada a metodologia Prisma, que consiste em um checklist com 27 itens e um fluxograma de 4 etapas, para melhorar o resultado da revisão sistemática, trazendo a clareza, qualidade e simplicidade da informação acerca do tema (Galvão et al., 2015).

Além da busca em base de dados, realizou-se pesquisas em outras fontes bibliográficas, tais como livros, teses, dissertações, congressos, entre outros.

Conforme qualidade e quantidade de dados obtidos no estudo, pode-se realizar uma meta-análise. O objetivo de utilizar essa metodologia é simplificar e otimizar o acesso à informação, integrando e sintetizando conclusões acerca do assunto (Filho, 2014).

5.6. RESULTADOS

5.6.1. Estrato vegetal

5.6.1.1. Fluoretos

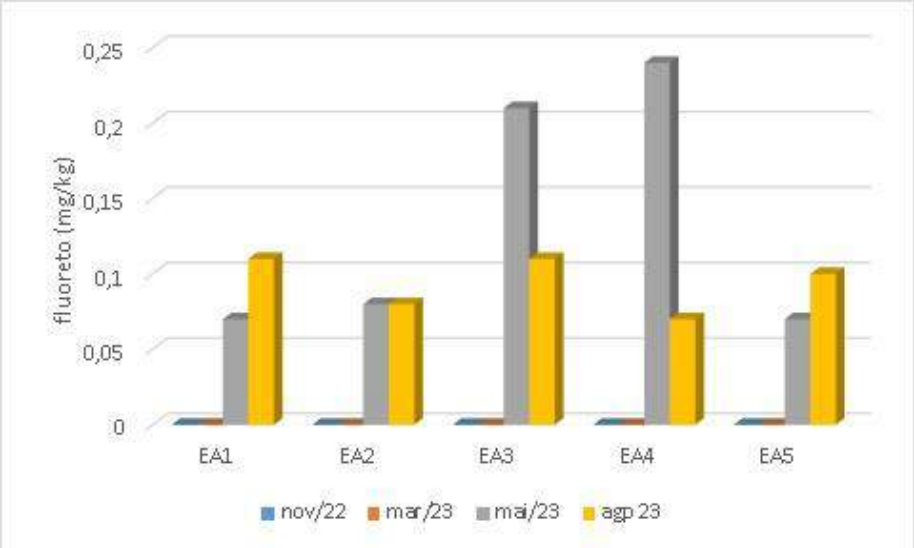
A quantificação média de fluoretos determinados nas EAs é apresentada na Figura 15.

Nas estações climáticas de primavera e verão a quantidade de fluoretos esteve abaixo do Limite de Quantificação (LQ) que, informado nos relatórios de análises da CEIMIC, é de 0,07 mg F/Kg de amostra (solo ou vegetação/pasto) O LQ de um procedimento analítico individual é a menor quantidade do analito na amostra que pode ser quantitativamente determinada com precisão e exatidão aceitáveis.

Nas amostras de outono e inverno ocorreu determinação de fluoretos mas com quantificações muito abaixo do considerado para provocar lesões dentárias. em animais em

crescimento. Além disso, para os autores, a ingestão contínua de 1,5 mg F/ kg PV (peso vivo) por dia é suficiente para causar fluorose dentária grave.

Figura 283- Quantificação de Fluoreto em planta, segundo a EA e estação climática

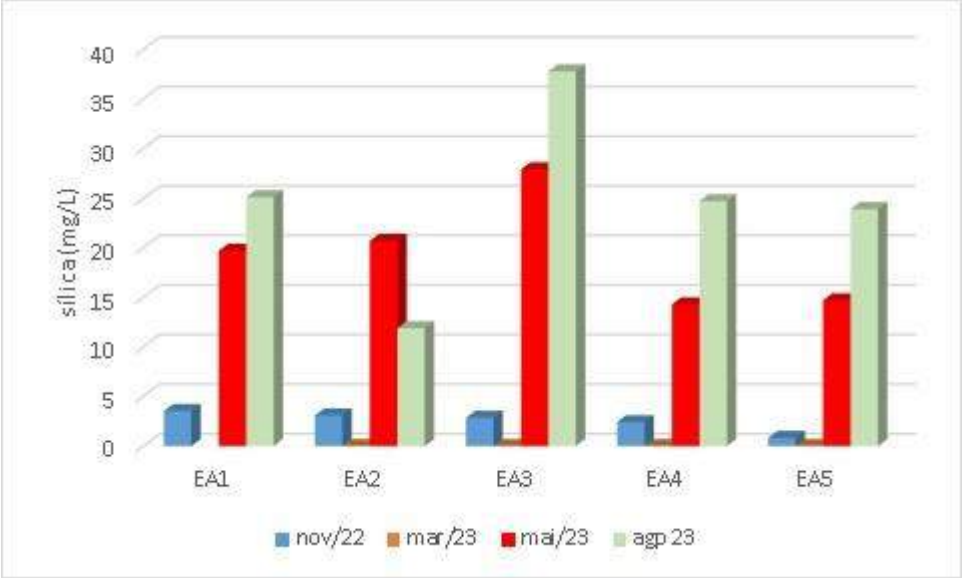


Em nenhuma das EAs foi determinado valor que indique poluição por flúor em quantidade para causar lesão dentária. Isto porque, para Bohn (1972) e Sunshine (1979), o limite de 30-40 ppm (b.s.), ou seja 30-40 mgF.kg planta^{-1} é referido como dado indicativo de poluição de flúor em pastagens. Segundo Radostits et al. (2000), devem ser ingeridos de 0,5-1,7 ppm na forma de fluoreto de sódio para produzir lesões graves.

5.6.1.2. Sílica

A determinação de sílica no extrato vegetal apresentou variabilidade entre as diferentes estações climáticas (Figura 284).

Figura 284- Quantificação de Sílica em planta, segundo a EA e estação climática



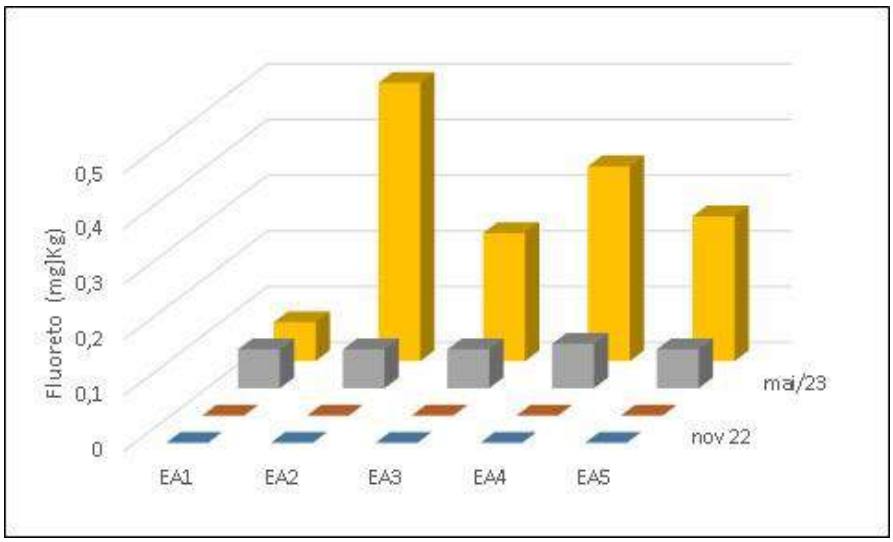
Embora o silício ou sílica seja apontado por diferentes autores como fator de efeito abrasivo sobre os dentes de ruminantes, estes não apresentam os valores/quantidades dos compostos para causar tal efeito. Contudo, a sílica como agente causador de microsdesgaste dentário é questionada por Sanson et al. (2007) que determinaram que os fitólitos de sílica de quatro espécies de gramíneas são mais macios do que o esmalte dentário de ovelhas. Os autores sugerem que outros fatores devem estar associados à quantidade de sílica e o desgaste dentário e sugerem novos estudos.

5.6.2. Solo

5.6.2.1. Fluoretos

Em relação ao solo, quando a concentração de flúor for superior a 400 mg/kg, este poderá ser qualificado como contaminado (Bharti et al., 2017). No monitoramento realizado, a maior quantificação determinado foi 0,6 mg F/kg de solo (Figura 284).

Figura 285- Quantificação de Fluoreto em amostras de solo nas Eas monitoradas.



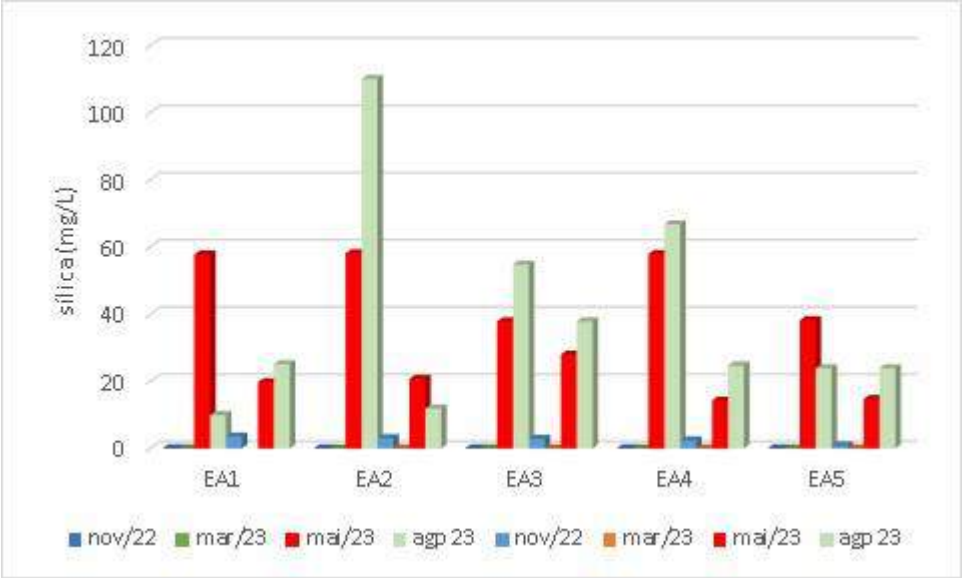
O consumo de solo por ruminantes sob pastejo pode ser voluntário ou involuntário. No primeiro caso, tal consumo pode-se dar em resposta à deficiência de determinados minerais na dieta, à presença de substâncias que podem, presumidamente, agir como tamponantes (estabilizando a função ruminal e a fermentação no rúmen) e/ou adsorventes (reduzindo o efeito prejudicial de compostos antinutricionais ingeridos) nas partículas de solo.

Quanto ao consumo involuntário de solo, este está associado ao consumo concomitante ao consumo de pasto, com partículas de solo que encontram-se aderidas às plantas forrageiras presentes na pastagem. Tais partículas podem ser depositadas na superfície da forragem por meio de respingos de chuva, ser suspendidas e transportadas por ventos ou mesmo ser decorrentes da própria movimentação dos animais na pastagem ou, ainda, do revolvimento do solo inerente à utilização de máquinas e implementos agrícolas (Lopes & Silva, 2017). Embora Radostits et al. (2000) apontem que devem ser ingeridos de 0,5-1,7 ppm na forma de fluoreto de sódio para produzir lesões dentárias em animais em crescimento, a quantidade de solo que um ovino ingere

5.6.2.2. Sílica

A quantificação de sílica nas amostragens de solo é apresentada na Figura 286.

Figura 286- Quantificação de Sílica em amostras de solo, segundo a estação climática e a EA monitorada.



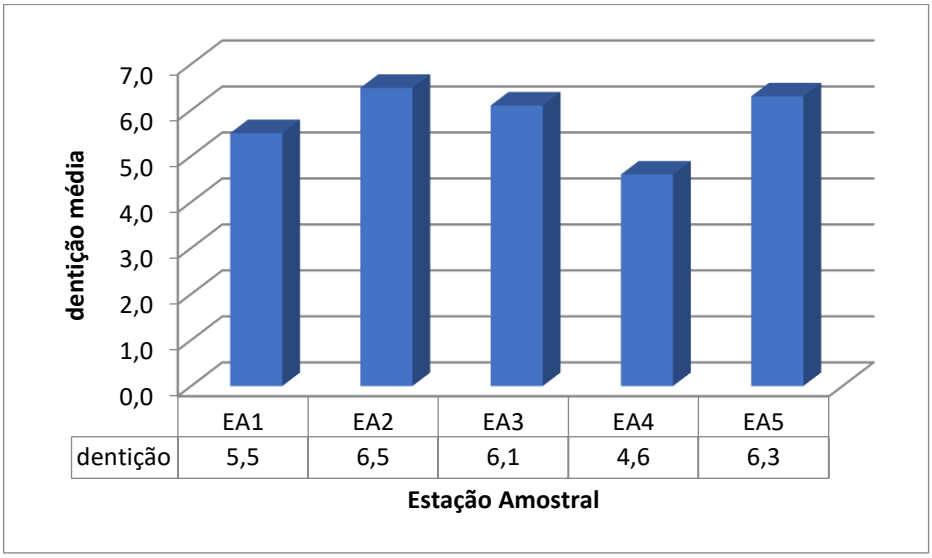
A sílica como agente causador de microsdesgaste dentário é questionada por Sanson et al. (2007) que determinaram que os fitólitos de sílica de quatro espécies de gramíneas são mais macios do que o esmalte dentário de ovelhas. Os autores sugerem que outros fatores devem estar associados à quantidade de sílica e o desgaste dentário e sugerem novos estudos.

Assim como no extrato vegetal (pastagens) pode ocorrer consumo involuntário de solo juntamente com a pastagem. Esses mesmos fatores que interferem no consumo involuntário de solo (chuvas, maquinário agrícola, ventos em épocas de seca, movimentação do rebanho, etc) podem interferir na quantidade de particulados presentes no momento da coleta, o que explicaria a variabilidade observada na quantificação da sílica.

5.6.3. Animais

No período de monitoramento foram examindos 318 ovinos, todos nascidos nas Unidades Produtivas (UP) que constituem a Estação Amostral, com idade variando de 2 a 6 ou mais anos, considerando que os ovinos realizam a primeira troca dos dentes de leite por dentes permanentes, até 2 anos de idade. O número médio de dentes é apresentado na Figura 287, que representam, em média, 3 a 4 anos de idade.

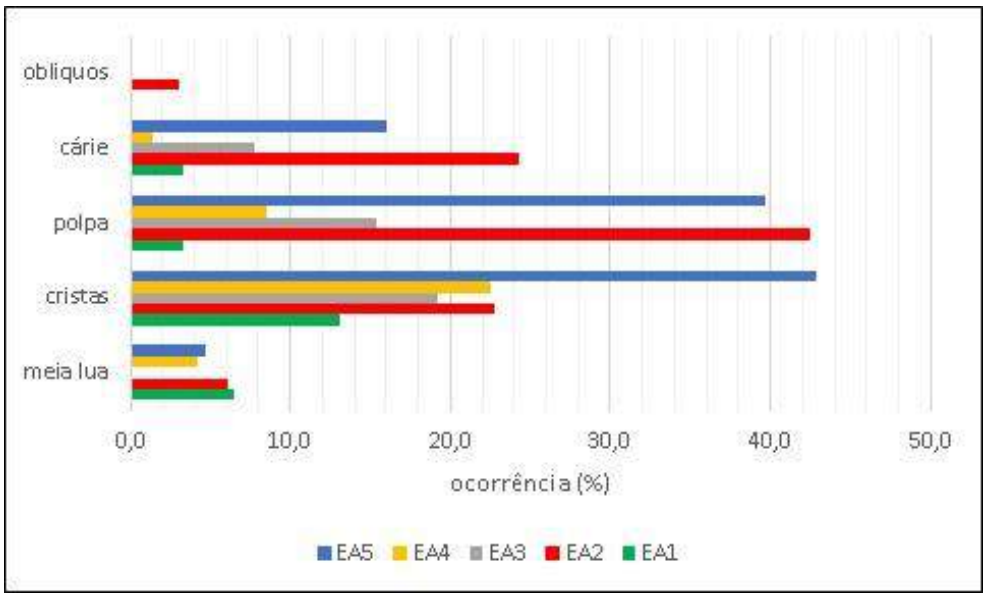
Figura 287 – Número médio de dentes de ovinos por EA.



Quanto aos bovinos, como já apontado anteriormente, não atenderam aos requisitos para constituírem unidade amostra, por serem nascidos e criados em unidades produtivas fora da área de monitoramento e posterior aquisição para engorde e terminação na área de influência da UTE. Para o propósito do monitoramento realizado, a fluorose é observada em animais com exposição crônica ao flúor a partir de 2 anos (troca dos dois dentes incisivos de leite por dentição permanente). Assim, as UPs atendem aos requisitos dos ovinos como indicadores.

As alterações dentárias observadas são apresentadas na Figura 20. A EA2 é a estação amostral com maior ocorrência de cárie, exposição de polpa e apresenta dentes oblíquos. A EA4, por sua vez apresenta elevada ocorrência de cristas, exposição de polpa e cárie, em relação às demais EAs.

Figura 288 – Ocorrência de patologias na cavidade bucal de ovinos



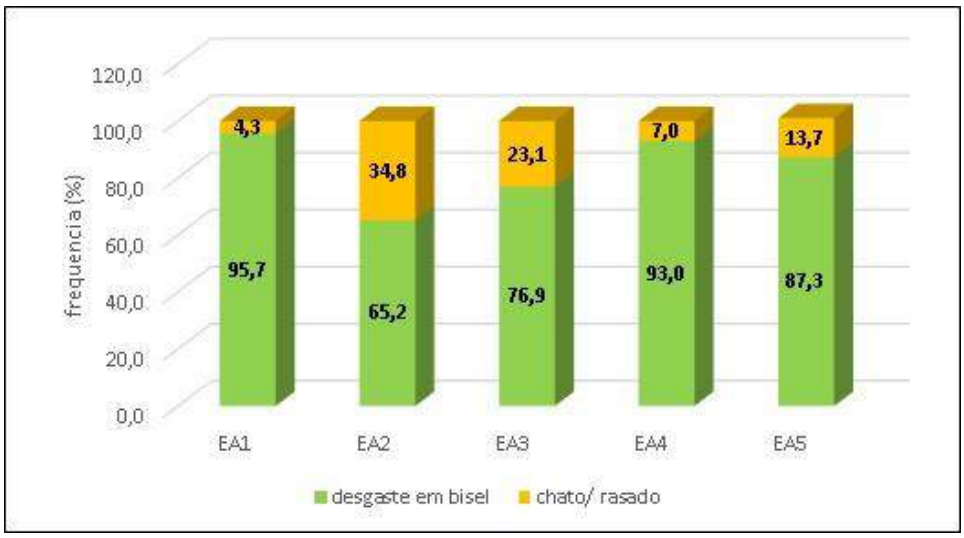
A dentição nos animais é o principal componente anatomo-fisiológico responsável pela mastigação. Os dentes proporcionam condições estruturais ao alimento para que ocorram os principais fenômenos físico-químicos da digestão, realizando corte e trituração do alimento, sem esta etapa, o cumprimento da fisiologia digestiva dos alimentos seria comprometida (Vitor, 2018). Assim, alterações no posicionamento dos dentes dificulta ou altera o processo de apreenção e mastigação.

A presença de cristas e desgaste em meia lua possuem relação com o desgaste dos dentes e são precursores do desgaste excessivo. Assim como a exposição de polpa, que ocorre no desgaste excessivo dos dentes

De acordo com Riet-Correa et al. (1986), dois fatores seriam responsáveis pelo desgaste dentário: o efeito abrasivo dos particulados eliminados com o efluente da combustão de carvão, dos quais o mais importante pareceria ser o silício; a diminuição da resistência do esmalte como consequência à intoxicação por flúor.

Embora os animais não se encontravam em idade avançado (3 a 4 anos, em média) e o desgaste excessivo observado é baixo (EA1 e EA4), moderado (EA3 e EA5) e elevado (EA2) (figura 289).

Figura 289– Frequência de desgaste excessivo (rasado) ou oblíquo e ovinos



Sabe se que o desgaste dentário excessivo é comum em ovinos, até muito próximo a gengiva antes de 4 anos de idade (Bruere et al., 1979; Kane, 1984; Orr et al., 1986). Os dentes rasados são frequentes em regiões de pastos duros ou solos arenosos (Dias et al., 2013). Segundo Sherman (1983), este desgaste excessivo leva subsequentemente ao emagrecimento gradativo, prostração e queda nas defesas imunológicas, ocasionado pela dificuldade de apreensão dos alimentos, assim como mastigação, reduzindo também a ingestão de água e a sensibilidade dentária.

De acordo com Agostinho (2017), o desgaste excessivo dos incisivos permanentes é uma afecção comum na ovinocultura de alguns países de referência na produção ovina e vários fatores têm sido relacionados a este tipo de desgaste dentário: ingestão de gramíneas com alta fertilidade - pelo uso de fertilizantes em campo nativo ou pastagens; por ação abrasiva do solo - a alta taxa de ocupação das áreas de campo nativo resulta em vegetação baixa (com menos de 5cm) em algumas épocas do ano e os ovinos ingerem terra, além da exposição do solo em várias áreas (erosão); e ácidos presentes no solo. Além desses fatores, a excessiva presença de capim-annoni (*Eragrostis plana* Nees) (Figura 290), gramínea da família Poaceae e considerada uma praga no RS. A invasão biológica do capim-annoni no Bioma Pampa é uma das causas de perda de biodiversidade, com reflexos negativos nos aspectos econômicos, sociais e ambientais, impactando na sustentabilidade da pecuária de corte em pastagens nativas (Ferreira & Filippi, 2010). Isto devido à baixa qualidade nutricional e ao elevado potencial de disseminação (Embrapa, 2020), baixa aceitação por bovinos e ovinos e alto teor de fibra da planta, que resulta

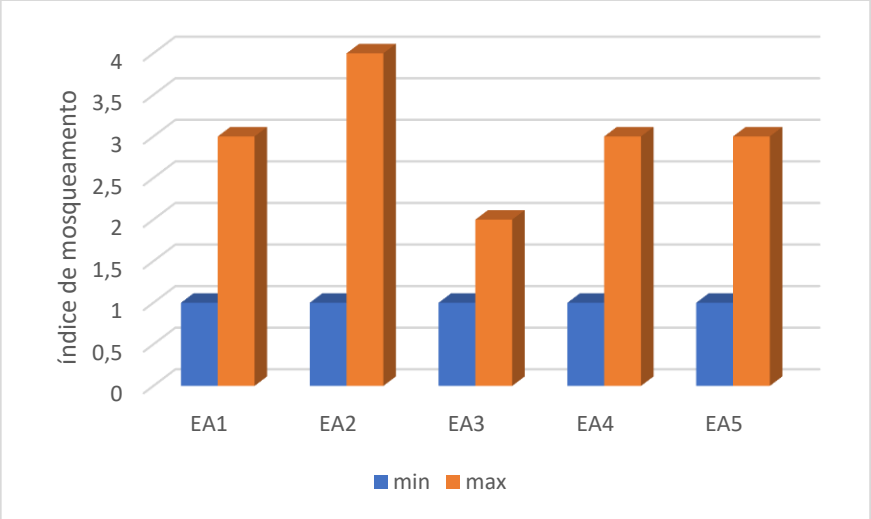
em desgaste precoce dos dentes (Twardowsk et al., 2018). Ainda de acordo com Agostinho (2017), as causas do desgaste dentário ainda não estão definidas e elucidadas.

Figura 290– Campo tomado por capim anono (Aragostis plana Nees)



Para dimensionar o efeito da poluição ambiental na produção animal. Utiliza-se o Índice de Mosqueamento (IM). No período avaliado, o ID variou de 1 a 4 (Figura 291), sendo o ID 1 observado nas cinco Eas e o ID 4, apenas na EA2.

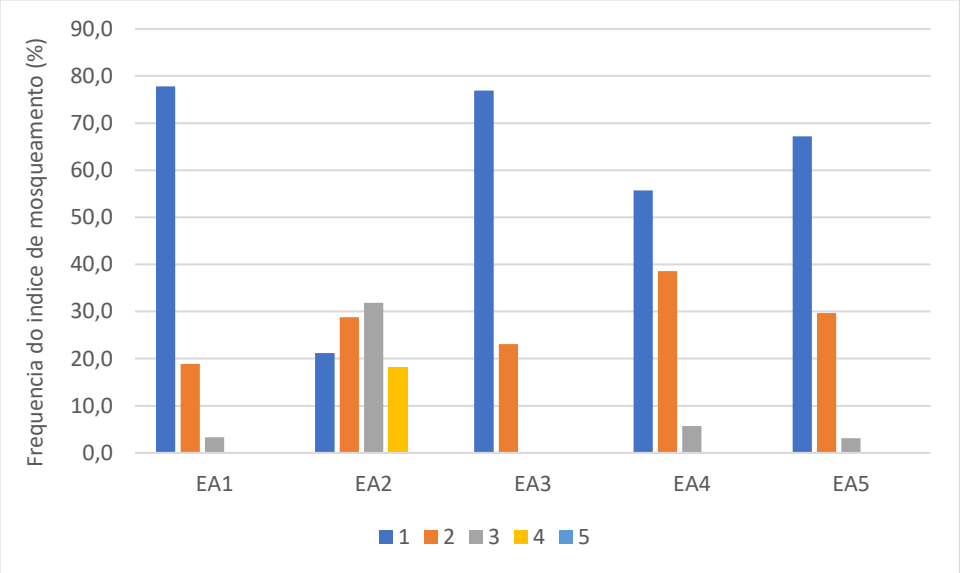
Figura 291-Índice de mosqueamento mínimo e máximo, por EA.



Nas EA1, EA3, EA4, EA5 predominou o ID1 seguido pelo ID2. Apenas a EA2 apresentou ID de 1 a 4 (Figura 292).

.

Figura 292 – Frequência do Indice de mosqueamento por EA.



O cálculo do índice de mosqueamento é baseado nas informações de Riet-Correa et al. (1986). Considerando que as quantidades de flúor não são suficientes para causar mosquemento, de acordo com dados da literatura consultada, outros fatores devem atuar isoladamente ou em conjunto para que as alterações dentárias sejam observadas.

Como mencionado nos relatórios parciais, existem fábricas de cimento na região que também podem causar fluorose; assim como a infestação por capim anoni (*Aragostis plana*) causa lesões e desgaste em dentes de ruminantes.

No caso da EA2, que apresenta os maiores índices de mosqueamento, entre a UTE e a EA existe uma fábrica de cimento. Este poderia ser o fator do mosqueamento evidenciado ou somar ao quantitativo de fluoretos emitido pela UTE.

A ocorrência da periodontite não foi estimada neste período tendo em vista que há necessidade de treinamento dos participantes da equipe

5.6.4. Revisão Bibliográfica

O Brasil possui reservas de turfa, linhito e hulha. A hulha totaliza 32 bilhões de toneladas de reservas e está sobretudo no Rio Grande do Sul (89,25% do total), vindo a seguir Santa Catarina (10,41%). Reservas muito menores são conhecidas no Paraná (0,32%) e em São Paulo (0,002%). Nosso país está em 10º lugar em termos de reservas, com 1% do total mundial. Somente a Jazida de Candiota (RS) possui 38% de todo o carvão nacional. Como se trata de um carvão de qualidade inferior, é utilizado apenas na geração de energia termoelétrica e no próprio local da jazida (CPRM, 2014).

É durante a queima do carvão que são liberadas partículas que carreiam compostos de flúor e sílica (Riet-Correa et al., 1986).

Colasso (2018) afirma que, para a geração de energia elétrica por usinas termelétricas, a combustão de carvão contendo fluoreto libera o ácido fluorídrico (HF). No geral, é estimada uma emissão em torno de 0,01 a 0,12 kg de HF por miligrama de carvão.

A fluorose é resultante da concentração excessiva de flúor na dieta durante a odontogênese (de 6 a 36 meses de idade), podendo resultar na incorporação do flúor no esmalte da dentina do dente permanente (McGavin, 2009)

Na pesquisa da toxicologia de fluoretos identificou-se material técnico elaborado pela CETESB. Este material refere que o flúor é o mais eletronegativo e reativo de todos os elementos químicos, contudo é encontrado na natureza somente na sua forma iônica, fluoreto, combinado a metais ou ao hidrogênio. O fluoreto de sódio é um sólido incolor a branco moderadamente solúvel em água. Os fluoretos são encontrados na atmosfera de áreas rurais e

urbanas na forma gasosa ou de particulado. Pode ser transportado a longas distâncias e ser removido da atmosfera por deposição seca ou úmida ou hidrólise. No solo, a concentração de fluoretos aumenta com a profundidade. Na superfície do solo, a quantidade de fluoreto pode aumentar pela aplicação de fertilizantes à base de fosfato que contenham fluoreto, por agrotóxicos, água de irrigação ou pela deposição de gases e emissão de material particulado. O fluoreto acumula-se em algumas plantas e nos ossos de animais terrestres que consomem folhas contendo fluoreto (CETESB, 2014).

Para Filgueiras (2007), o elemento químico de símbolo Si, aparece geralmente na forma de dióxido de silício (SiO2) – também conhecido como sílica – e silicatos, que são compostos contendo silício, oxigênio e metais. O silício tem um papel importante nas relações planta-ambiente, porque pode dar à cultura melhores condições para suportar adversidades climáticas, do solo e biológicas, tendo como resultado final um aumento na produção com melhor qualidade do produto.

De acordo com Meireles et al. (2021), em vários países o silício é utilizado como fertilizantes e é aplicado na forma de silicato de cálcio e magnésio. Podendo agir na correção da acidez do solo e auxiliar na disponibilidade de cálcio e magnésio. Além disso, o silício atua como elemento benéfico às plantas e pode acarretar em aumento de produtividade das forrageiras.

Robles et al. (2015) avaliaram o desgaste dentário de ovinos na Argentina após erupção. Os autores verificaram redução da altura média dos incisivos de 8,8 mm para 2,7 mm, em 12 meses. Setenta por cento da composição das cinzas correspondia à sílica, que poderia explicar o alto efeito abrasivo das cinzas nos dentes dos animais.

Entretanto, a sílica como agente causador de microsdesgaste dentário é questionada por Gordon et al. (2007) que determinaram que os fitólitos de sílica de quatro espécies de gramíneas são mais macios do que o esmalte dentário de ovelhas. Os autores sugerem que outros fatores devem estar associados à quantidade e de sílica e o desgaste dentário e sugerem novos estudos.

Contudo, Riet-Correa et al. (1986) afirmam que o desgaste dentário acentuado nos animais de Candiota deve-se ao efeito abrasivo dos particulados eliminados com o efluente da combustão de carvão (especialmente o silício) e a diminuição da resistência do esmalte como consequência da intoxicação por flúor. Neste sentido, as alegações dos autores corroboram e explicam o questionamento de Gordon et a. (2007).

Embora o silício ou sílica sejam apontados pelos autores como fator de efeito abrasivo sobre os dentes de ruminantes, não são apresentados valores/quantidades dos compostos para causar tal efeito.

Buscamos publicações direcionadas ao tema *Paspalum notatum* para embasamento dos relatórios.

Graminho (2018), em sua revisão sobre *Paspalum notatum* Flügge, descreve que esta gramínea é uma espécie originária das regiões bem providas de umidade, com precipitações efetivas na estação quente e diversidade de solos da faixa subtropical da América do Sul, é bem adaptada ao pastejo, formam pastagens densas, bem enraizadas, com plantas propagando-se tanto por sementes como vegetativamente, mantendo crescimento ativo até a ocorrência de baixas temperaturas, secas ou geadas. Além disso, é uma espécie abundantemente encontrada nas formações campestres do Rio Grande do Sul, tem seu desenvolvimento favorecido pelo hábito de crescimento, facilidade de adaptação ao pastejo e ao pisoteio do gado. Uma vez estabelecido, *Paspalum notatum* tolera cortes baixos e frequentes, devido à posição ocupada pelos pontos de crescimento que frequentemente estão inseridos no solo, tornando-os praticamente impossíveis de serem removidos.

O ciclo de desenvolvimento de uma planta se inicia com a geminação, passando pelas fases de crescimento vegetativo, reprodutivo e morte. Dessa forma, as fases de desenvolvimento das plantas são classificadas em: a) fase vegetativa - Inicia-se na germinação da semente e emergência da plântula; a seguir, a planta passa pelas fases de desenvolvimento da área foliar e perfilhamento; b) Fase de transição ou alongamento de colmos: Consiste em uma fase de transição do período vegetativo (onde produz folhas e perfilhos) para o período reprodutivo. Nessa fase a planta muda sua estrutura e arquitetura, e inicia o alongamento de colmos e a emissão das folhas bandeira para enchimento dos grãos da inflorescência. Também chamada fase de emborrachamento; e c) Fase reprodutiva: Não ocorre mais emissão de novas folhas. Todos os assimilados da planta são destinados ao enchimento e maturação de grãos na inflorescência (Vilar, 2022).

Na pesquisa bibliográfica visando uma revisão sistemática, realizou-se uma busca integrado no Sabi da UFRGS (catálogo das bibliotecas da UFRGS e publicações eletrônicas). Utilizando as seguintes palavras-chave no título:

- coal mine pollution – 94 artigos em periódicos
- coal mine pollution + animals – 15 artigos

Após leitura dos abstracts dos 15 artigos, todos foram excluídos por não abordarem animais como indicadores de poluição, encontrando-se artigos sobre solos, reflexo nos humanos, risco ecológico, água subterrânea e percepção de poluição pela população.

Realizou-se, também, uma Busca no Science Direct (Elsevier), obtendo-se:

- Com o termo: "coal mine pollution" – 29.975 publicações
- No título: "coal mine pollution" – 24 resultados
- Excluindo-se revisões e conferências – 14 publicações
- Com acesso aberto – 1 artigo

Realizou-se, ainda, uma Busca na *Web of Science* com os termos "coal mine" e "animais" no título, resultando em 3 artigos: 1) artigo sobre o uso preventivo de canarios na segurança da qualidade do ar para mineiros; 2) artigo construindo conjunto de índices ecológicos; 3) artigo sem acesso aberto.

Utilizando "coal mine" e "sheep" no título, encontrou-se um artigo: Seleção de habitat de inverno de carneiro selvagem das Montanhas Rochosas (*Ovis canadensis canadensis*) e movimentos sazonais em uma área de mineração de carvão ativa. Neste artigo Poole et al. (2016) examinam a seleção de habitat de inverno por carneiros selvagens das Montanhas, onde quatro grandes minas de carvão a céu aberto estão em operação.

Pesquisando o termo "Candiota" no LUME-UFRGS (repositório digital) foram encontradas 1205 produções científicas. Destas, 1120 foram publicadas entre 2000 e 2023. Foram produzidos 422 dissertações, 230 teses e 191 trabalhos de conclusão de curso.

Ao acrescentar o termo "poluição", as publicações somaram 17 produções científicas; com a palavra fluor foram zero produções e, com a palavra sílica, 4 produções sem, entretanto, possuírem alguma relação com o foco do presente estudo.

Não foi realizada meta-análise, uma vez que os artigos encontrados não possuíam dados passíveis de comparação estatística.

5.7. REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, S.D. *Periodontite e desgaste dentário em ovinos*. 78f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária Preventiva) UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP CÂMPUS DE JABOTICABAL, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/151210/agostinho_sd_dr_jabo.pdf;jsessionid=82375C7F04ED877D674988CA77A614F0?sequence=3>. Acesso em: 02 mar. 2022,

ATALLAH, A. N.; CASTRO, A. A. Revisão sistemática da literatura e metanálise. *Medicina baseada em evidências: fundamentos da pesquisa clínica.* São Paulo: Lemos-Editorial, 1998. Cap. 2, p. 42-48... Acesso em: abr. 2020.

BHARTI, V.K. et al. Evaluation of physico-chemical parameters and minerals status of different water sources at high altitude. *Annals Environ. Sci. Toxicol*. v.2, p.010–018, 2017.

BOLDRINI, I.I.; MIOTTO, S.T.S. Levantamento fitos sociológico de um campo limpo da Estação Experimental Agronômica, UFRGS, Guaíba, RS. 1 etapa. *Acta Botanica. Brasilica*, 1:49-56, 1987.

BOHN, H.L. Soil absorption of air pollutants, *Journal of Environmental Quality*, v.1, n.4, p.372-377, 1972.

BRUERE, A. N.; WEST, D. M.; ORR, M. B.; O´CALLAGHAN, M. W. A syndrome of dental abnormalities of sheep. 1. Clinical aspects on a commercial sheep farm in the Wairarapa. *New Zealand Veterinary Journal*, v. 27, p. 152-158, 1979.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde ambiental. Flúor e fluoretos. Ficha de Informação toxicológica. 2014. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/ 11/fluor-fluoretos.pdf>.COELHO, A.M. Amostragem de solos: a base para aplicação de corretivos e fertilizantes. Embrapa – Comunicado Técnico Nº 73, Minas Gerais, 2003.

COLASSO, C. Ácido Fluorídrico e Fluoreto – aspectos toxicológicos. Chemikal Risk, 2018. Disponível em: <https://www.chemicalrisk.com.br/acido-fluoridrico-e-fluoreto-aspectos-toxicologicos/>.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil: Carvão Mineral. 2014. [on line] disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/SGB-Divulga/Canal-Escola/Carvao-Mineral-2558.html>.

DIAS, J.G.G.; BERNHARD, E.A.; GRAZZIOTIN, M.S. *Guia prático do ovinocultor*. Porto Alegre: SEAPA/ ARCO, 2013. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/gecapec/files/2015/08/Guia-pr%C3%A1tico-do-Ovinocultor.pdf>.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Método de controle do capim-annoni aumenta produtividade da pecuária. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Produção animal, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/53492876/metodo-de-controle-do-capim-annoni-aumenta-produtividade-da-pecuaria>.

FERREIRA, N.R.; FILIPPI, E.E. Reflexos econômicos, sociais e ambientais da invasão pelo capim annoni (*Eragrostis plana* Nees) no Bioma Pampa. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v.27, n.1/3, p.47-70, jan./dez. 2010.

FIGUEIRAS, O. Silício na agricultura. *Pesquisa Fapesp* – Agronomia, ed.140, 2007. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/silicio-na-agricultura/#:~:text=O%20sil%C3%ADcio%20tem%20um%20papel,com%20melhor%20qualidade%20do%20produto.

FILHO, F.; et al. O que é, para que serve e como se faz uma meta-análise? *Teoria & Pesquisa: Revista de Ciência Política*, 23(2):205-228, 2014.

GALVÃO, T. F.; PANSANI, T. S. A.; HARRAD, D. Principais itens para relatar revisões sistemáticas e Meta-análises: a recomendação PRISMA. *Epidemiologia e Serviço de Saúde*, 24(2):335-342, 2015.

GIRARDI-DEIRO, A.M.; GONÇALVES, J.O.N.; GONZAGA, S.S. Campos naturais nos diferentes tipos de solos no Município de Bagé-RS. 2. Fisionomia e composição florística. *Iheringia*, Série Botânica. 42:55-79, 1992.

GORDON D. SANSON, G.D.; KERR, S.A.; GROSS, K.A Do silica phytoliths really wear mammalian teeth? *Journal of Archaeological Science*, v.34, 526e531, 2007.

GRAMINHO, L.A. *Resposta de híbridos de Paspalum notatum a fertilização nitrogenada e a consorciação com leguminosas.* 96f. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Pograma de pós-graduação em Zootecnia, Porto Alegre, 2018.

JONES, T.C.; HUNT, R.D.; KING, N.W. *Patologia Veterinária*. 6 ed. São Paulo: Manole, 2000.

KANE, D. M. The results of a Wairarapa survey of ovine incisor/tooth anomalies with particular respect to wear. In: SEMINAR OF THE SOCIETY OF SHEEP AND BEEF CATTLE VETERINARIANS OF THE NEW ZEALAND VETERINARY ASSOCIATION, 24, Proceedings. p. 29-32. 1984.

LOPES, F.C.F.; SILVA, B.C.M. Pode o solo involuntariamente ingerido ser porta de entrada para substâncias contaminantes em lácteos e carnes de ruminanates? Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2017. (Documento 210).

MCGAVIN, M.D. Bases Da Patologia Em Veterinaria. Amsterdam: Elsevier, 2009.

MEIRELES, G.C. et al. Utilização de silício em pastagens. In: ARRUDA, V. et al. (org) *Forragicultura: Pesquisa e Ensino*. Ponta Grossa: Atena, 2021. Cap. 9, p.11-118.

MIGLIAVACCA, D.M., TEIXEIRA, E.C., MACHADO, A.C.M., PIRES, M.R. Composição química da precipitação atmosférica no sul do Brasil – Estudo preliminar.*Química Nova*, 28:371-379, 2005.

OLLHOFF, R.D.; PEREIRA, I.R.A.; LUZ, N.C.; MACHADO, F.G. Incidência de alterações dentárias em um rebanho bovino leiteiro. *Archives of Veterinary Science*, 10(2):95-100, 2005.

ORR, M. B.; CHRISTIANSEN, K. H.; KISSLING, R. C. A survey of excessively worn incisors and periodontal disease in sheep in Dunedin city, Silverpeaks, Bruce and Clutha counties. *New Zealand Veterinary Journal*, v. 34, p. 111-115, 1986.

PIRES, M.; QUEROL, X. Characterization of Candiota (South Brazil) coal and combustion byproduct. Co*al Geology*, 60: 57-72, 2004.

POOLE, k.O.; SERROUYA, R.; TESKE, I.E.; PODRASKY, K. Rocky Mountain bighorn sheep (*Ovis canadensis canadensis*) winter habitat selection and seasonal movements in an area of active coal mining. *Canadian Journal of Zoology*. 21 July 2016. Doi: https://doi-org.ez45.periodicos.capes.gov.br/10.1139/cjz-2016-0069

RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; BLOOD, D.C.; HINCHCLIFF, K.W. Intoxicação por flúor. In: RADOSTITS, O.M et al. (ed). *Clínica veterinária*. 9ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. p.1437-1440.

RAMBO, B. *A fisionomia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Selbach, 1956.

RIET-CORREA, F.; MÉNDEZ, M. C.; SCHILD, A.L.; OLIVEIRA, J.A.; ZENEBON, O. Lesões dentárias em bovinos e ovinos devidas à poluição industrial causada pela combustão de carvão. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v.6, p.23-31, 1986.

ROBLES, C. et al. Desgaste dentario en ovinos Merino de la Patagonia Argentina, tras la erupción en Chile del Volcán Puyehue. *Revista de Medicina Veterinaria*, B. Aires, v.96, n.2, p.10-14, 2015.

ROQUE, N.; BAUTISTA, H. *Asteracea: Caracterização e morfologia floral*. Salvador: UFBA, 2008.

SANDOVAL Jr, P. (Coord). *Manual de criação de caprinos e ovinos*. Brasília: Codevasf, 2011.

SHERMAN, D. M. Unexplained Weight Loss in Sheep and Goats. A Guide to Differential Diagnosis, Therapy, and Management. *Clinics North America: Large Animal Practice Veterinary*, v. 5, n. 3, 1983. 571-590.

SUNSHINE, I. *Handbook of analytical toxicology*. Cleveland: Chemical Rubber, p.698-699, 1987.

SANSON, G.D.; KERR, S.A.; GROSS, K.A Do silica phytoliths really wear mammalian teeth? *Journal of Archaeological Science*, v.34, 526e531, 2007.

SQUIBA, L.M.; SERRAT, B.M.; LIMA, M.R. Como coletar corretamente amostras de solo para análises. Disponível em: <http://www.soloplan.agrarias.ufpr.br/coletadesolo.htm>.

TWARDOWSK, T. et al. A invasão do capim-annoni (*Eragrostis plana* Ness) em pastagens sulbrasileiras. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1100573/1/DOC41579281120181105.pdf>.

VILAR, D. Morfologia do desenvolvimento em gramíneas e leguminosas. Portal Agriconline. 2022. Disponível em: https://agriconline.com.br/portal/artigos/morfologia-do-desenvolvimento-em-gramineas-e-leguminosas/VITOR, J.S. *Desgaste dentário em ovinos*. 56 f. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) Universidade de Brasília, 2018. Disponívem em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/22107/1/2018_JhonisSousaVitor_tcc.pdf>.

ZENEBON, O. Lesões dentárias em bovinos devidas a poluição industrial causada pela combustão de carvão. *Pesq. Vet. Bras*.6(1): 23-31, 1986.

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22087**

CONTRATADO

2.Nome: CAROLINA TRINDADE PERRY		3.Registro no CRBio: 058286/03-D	
4.CPF: 956.287.890-20	5.E-mail: carolperrybio@gmail.com		6.Tel: (53)3236-3438
7.End.: PANAMBI 616		8.Compl.:	
9.Bairro: CASSINO	10.Cidade: RIO GRANDE	11.UF: RS	12.CEP: 96208-080

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT		
14.Registro Profissional: 058286	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 964		
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS / 21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site: fle@fle.org.br / htpp://www.fle.org.br	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços;

24.Identificação : VEGETAÇÃO- ESTUDOS AMBIENTAIS NA REGIÃO DE CANDIOTA, RS. MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO ADJACENTE À USINA TERMOELÉTRICA DE CANDIOTA COM VISTAS A AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR ELEMENTOS TRAÇOS POR VIA ATMOSFÉRICAS E ORIUNDOS DA QUEIMA DO CARVÃO.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS E GEÓLOGOS
29.Área do Conhecimento: Botânica;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : COLETA DE AMOSTRAS DE PLANTAS E LIQUENS PARA ANÁLISE DE ELEMENTOS TRAÇOS ORIUNDOS DA QUEIMA DO CARVÃO. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS E ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS TÉCNICO CIENTÍFICO COM VISTA A AVALIAÇÃO DA NATUREZA E EXTENSÃO DO IMPACTO DA GERAÇÃO DE ENERGIA TERMOELÉTRICA SOBRE A VEGETAÇÃO ADJACENTE.

32.Valor: R$ 120.000,00	33.Total de horas: 1440	34.Início: OUT/2022	35.Término: SET/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 4/11/22

Assinatura do Profissional

Data:

Assinatura e Carimbo do Contratante

André Cezar Zingano
Presidente
Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: 4/11/22

Assinatura do Profissional

Data: 4/ /

Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: 4/11/22 Assinatura do Profissional

Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 6713.7027.7027.7027

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Serviço Público Federal

CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/21972**

CONTRATADO

2.Nome: CATARINA DA SILVA PEDROZO		3.Registro no CRBio: 009471/03-D	
4.CPF: 346.286.730-04	5.E-mail: catarina.pedrozo@ufrgs.br		6.Tel: (51)32451260
7.End.: RUA MANAJÓ, 70 CASA 14		8.Compl.:	
9.Bairro: VILA ASSUNÇÃO	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 91900-620

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 964		
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS / 21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site:	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços;

24.Identificação : PLÂNCTO - MONITORAMENTO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI - CANDIOTA - RS.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS, GEÓLOGOS, QUÍMICOS
29.Área do Conhecimento: Ecologia; Zoologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : SERÃO REALIZADAS COLETAS TRIMESTRAIS DE ORGANISMOS DO PLÂNCTON NO PERÍODO DE 24 MESES, PARA A CARACTERIZAÇÃO DA FAUNA AQUÁTICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CANDIOTA - RS.

32.Valor: R$ 178.000,00	33.Total de horas: 1152	34.Início: NOV/2022	35.Término: OUT/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data:	Data:
Assinatura do Profissional	Assinatura e Carimbo do Contratante
	André Cezar Zingano Presidente Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 1344.1972.2286.2286

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Serviço Público Federal

CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22260**

CONTRATADO

2.Nome: DANIELA DE CARVALHO LEITE RIBEIRO		3.Registro no CRBio: 110208/03-D	
4.CPF: 000.150.170-44	5.E-mail: daniela.ribeiro@ufrgs.br		6.Tel: (51)8537-7588
7.End.: DEPUTADO HUGO MARDINI 1212		8.Compl.: 103A	
9.Bairro: PASSO DAS PEDRAS	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 91230-758

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 364		
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS / 21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site:	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : PLANCTON-MONITORAMENTO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DA USINA TERMELÉTRICA DE CANDIOTA

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIÓLOGA
29.Área do Conhecimento: Ecologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : SERÃO REALIZADAS COLETAS A CADA TRÊS MESES DURANTE O PERÍODO DE 24 MESES, DE AMOSTRAS DE FITOPLANCTON, PERIFITON E ZOOPLANCTON PARA A CARCTERIZAÇÃO DA FAUNA E FLORA AQUÁTICA NA ÁREA DE INFLUENCIA DA TERMELÉTRICA DE CANDIOTA, RELACIONANDO-O COM AS CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CANDIOTA.

32.Valor: R$ 144.000,00	33.Total de horas: 1152	34.Início: NOV/2022	35.Término: OUT/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 07/11/22

Assinatura do Profissional

Daniela Ribeiro

Data:

Assinatura e Carimbo do Contratante

André Cezar Zingano
Presidente
Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / / Assinatura do Profissional

Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 2590.2904.2904.3218

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

ART Número
12224117

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO
Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO
Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: RS241891 **Profissional:** FÁBIO HERBERT JONES **E-mail:** fabioherbertjones@gmail.com
RNP: 2219036944 **Título:** Geólogo
Empresa: NENHUMA EMPRESA **Nr.Reg.:**

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT **E-mail:** fle@fle.org.br
Endereço: RUA MATIAS JOSÉ BINS 364 **Telefone:** (51) 32864333 **CPF/CNPJ:** 92971845000142
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro.:** TRÊS FIGUEIRAS **CEP:** 91330290 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: CGT ELETROSUL
Endereço da Obra/Serviço: Rua MIQUEL ARLINDO CÂMERA 3601 **CPF/CNPJ:**
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** VILA RESIDENCIAL **CEP:** 96495000 **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL **Vlr Contrato(R$):** 3.136.254,00 **Honorários(R$):** 120.000,00
Data Início: 01/10/2022 **Prev.Fim:** 01/10/2024 **Ent.Classe:**

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Monitoramento Ambiental	Controle Ambiental - Água Subterrânea/Solo		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 04/11/2022

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima FABIO HERBERT JONES:00268638047 Assinado de forma digital por FABIO HERBERT JONES:00268638047 Dados: 2022.11.07 16:03:24 -03'00' FÁBIO HERBERT JONES	De acordo André Cezar Zingano Presidente FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22249**

CONTRATADO

2.Nome: FABIO SILVEIRA VILELLA		3.Registro no CRBio: 025827/03-D	
4.CPF: 670.285.350-53	5.E-mail: fabio@simbiota.com.br		6.Tel: (51)99968-6909
7.End.: EMILIANO DE MACEDO 1425		8.Compl.:	
9.Bairro: CIDADE ALTA	10.Cidade: VENÂNCIO AIRES	11.UF: RS	12.CEP: 95800-000

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT			
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42		
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 364			
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE	
20.UF: RS	21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site: fle@fle.org.br / https://www.fle.org.br/	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços; Realização de consultorias/assessorias técnicas; Emissão de laudos e pareceres;

24.Identificação : MONITORAMENTO DA ÁGUA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA E BIOINDICADORES AMBIENTAIS, AQUÁTICOS E TERRESTRES NA REGIÃO DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMOELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI, CANDIOTA, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA			26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS, GEÓLOGOS, VETERINÁRIOS, ENGENHEIROS, QUÍMICOS		
29.Área do Conhecimento: Ecologia; Zoologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente		

31.Descrição sumária : EXECUÇÃO DO MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA (COMPOSIÇÃO, RIQUEZA, DIVERSIDADE, EQUIDADE, IQA E AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE TECIDOS CORPORAIS POR ELEMENTOS TRAÇO E METAIS PESADOS) ATRASVÉS DA CAPTURA, TRANSPORTE E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS EM LABORATÓRIO PARA ENVIO DE TECIDOS PARA ANÁLISE LABORATORIAL DE CONTAMINANTES, ANÁLISE DE RESULTADOS E ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS ANALÍTICOS E DISCUSSÕES TÉCNICAS.

32.Valor: R$ 120.000,00	33.Total de horas: 960	34.Início: NOV/2022	35.Término: OUT/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data:

Assinatura do Profissional

SIMBIOTA CONSULTORIA AMBIENTAL LTDA:08308717000107

Assinado de forma digital por SIMBIOTA CONSULTORIA AMBIENTAL LTDA:08308717000107
Dados: 2022.11.07 18:03:12 -03'00'

Data:

Assinatura e Carimbo do Contratante

André Cezar Zingano
Presidente
Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 7623.7937.7937.8250

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Serviço Público Federal

CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22154**

CONTRATADO

2.Nome: JAN KAREL FELIX MAHLER JUNIOR		3.Registro no CRBio: 009872/03-D	
4.CPF: 575.716.600-25	5.E-mail: janmahlerjr@gmail.com		6.Tel: (51)98317-4274
7.End.: FELIZARDO 1021		8.Compl.: 301	
9.Bairro: JARDIM BOTANICO	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 90690-200

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 364		
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS / 21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site:	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : AVIFAUNA - LEVANTAMENTO E MONITORAMENTO AMBIENTAL NA SERRA DO SUDESTE E PAMPA.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS
29.Área do Conhecimento: Ecologia; Zoologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA USINA TERMOELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI À AVIFAUNA.

32.Valor: R$ 120.000,00	33.Total de horas: 900	34.Início: OUT/2022	35.Término: SET/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data:	Data:
Assinatura do Profissional	Assinatura e Carimbo do Contratante André Cezar Zingano Presidente Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: 01/10/22	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 4632.4632.4632.4632

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Serviço Público Federal

CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22021**

CONTRATADO

2.Nome: JORGE SEBASTIAO BERNARDO SILVA		3.Registro no CRBio: 045206/03-D	
4.CPF: 918.170.720-72	5.E-mail: bernardo.silvaj@gmail.com		6.Tel: (51)3276-3924
7.End.: AV. CEL. LUCAS DE OLIVEIRA 211/302		8.Compl.:	
9.Bairro: PETROPOLIS	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 90440-011

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 364		
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS	21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site: fle.fle.org.br / https://www.fle.org.br/

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : ESTUDO DE MONITORAMENTO DA HERPETOFAUNA PARA ESTAÇÃO USINA PRESIDENTE MÉDICI EM CANDIOTA E ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS, GEÓLOGOS E VETERINÁRIOS
29.Área do Conhecimento: Ecologia; Zoologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : MONITORAMENTO DA FAUNA DE RÉPTEIS E ANFÍBIOS PARA A ESTAÇÃO USINA PRESIDENTE MÉDICI EM CANDIOTA E AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES DAS CHAMINÉS NAS POPULAÇÕES

32.Valor: R$ 120.000,00	33.Total de horas: 1000	34.Início: NOV/2022	35.Término: OUT/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 03/11/2022

Assinatura do Profissional

Data:

Assinatura e Carimbo do Contratante

André Cezar Zingano
Presidente
Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / / Assinatura do Profissional

Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 7348.7348.7348.7662

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Serviço Público Federal

CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22021**

CONTRATADO

2.Nome: JORGE SEBASTIAO BERNARDO SILVA		3.Registro no CRBio: 045206/03-D	
4.CPF: 918.170.720-72	5.E-mail: bernardo.silvaj@gmail.com		6.Tel: (51)3276-3924
7.End.: AV. CEL. LUCAS DE OLIVEIRA 211/302		8.Compl.:	
9.Bairro: PETROPOLIS	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 90440-011

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 364		
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS	21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site: fle.fle.org.br / https://www.fle.org.br/

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : ESTUDO DE MONITORAMENTO DA HERPETOFAUNA PARA ESTAÇÃO USINA PRESIDENTE MÉDICI EM CANDIOTA E ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS, GEÓLOGOS E VETERINÁRIOS
29.Área do Conhecimento: Ecologia; Zoologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : MONITORAMENTO DA FAUNA DE RÉPTEIS E ANFÍBIOS PARA A ESTAÇÃO USINA PRESIDENTE MÉDICI EM CANDIOTA E AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES DAS CHAMINÉS NAS POPULAÇÕES

32.Valor: R$ 120.000,00	33.Total de horas: 1000	34.Início: NOV/2022	35.Término: OUT/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 03/11/2022

Assinatura do Profissional

Data:

Assinatura e Carimbo do Contratante

37. LOGO DO CRBio

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 7348.7348.7348.7662

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Serviço Público Federal

CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22021**

CONTRATADO

2.Nome: JORGE SEBASTIAO BERNARDO SILVA		3.Registro no CRBio: 045206/03-D	
4.CPF: 918.170.720-72	5.E-mail: bernardo.silvaj@gmail.com		6.Tel: (51)3276-3924
7.End.: AV. CEL. LUCAS DE OLIVEIRA 211/302		8.Compl.:	
9.Bairro: PETROPOLIS	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 90440-011

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 364		
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS	21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site: fle.fle.org.br / https://www.fle.org.br/

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : ESTUDO DE MONITORAMENTO DA HERPETOFAUNA PARA ESTAÇÃO USINA PRESIDENTE MÉDICI EM CANDIOTA E ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS, GEÓLOGOS E VETERINÁRIOS
29.Área do Conhecimento: Ecologia; Zoologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : MONITORAMENTO DA FAUNA DE RÉPTEIS E ANFÍBIOS PARA A ESTAÇÃO USINA PRESIDENTE MÉDICI EM CANDIOTA E AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES DAS CHAMINÉS NAS POPULAÇÕES

32.Valor: R$ 120.000,00	33.Total de horas: 1000	34.Início: NOV/2022	35.Término: OUT/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data:	Data:
Assinatura do Profissional	Assinatura e Carimbo do Contratante

37. LOGO DO CRBio

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /	Assinatura do Profissional	
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante	

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 7348.7348.7348.7662

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Serviço Público Federal

CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22021**

CONTRATADO

2.Nome: JORGE SEBASTIAO BERNARDO SILVA		3.Registro no CRBio: 045206/03-D	
4.CPF: 918.170.720-72	5.E-mail: bernardo.silvaj@gmail.com		6.Tel: (51)3276-3924
7.End.: AV. CEL. LUCAS DE OLIVEIRA 211/302		8.Compl.:	
9.Bairro: PETROPOLIS	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 90440-011

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 364		
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS	21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site: fle.fle.org.br / https://www.fle.org.br/

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : ESTUDO DE MONITORAMENTO DA HERPETOFAUNA PARA ESTAÇÃO USINA PRESIDENTE MÉDICI EM CANDIOTA E ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS, GEÓLOGOS E VETERINÁRIOS
29.Área do Conhecimento: Ecologia; Zoologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : MONITORAMENTO DA FAUNA DE RÉPTEIS E ANFÍBIOS PARA A ESTAÇÃO USINA PRESIDENTE MÉDICI EM CANDIOTA E AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES DAS CHAMINÉS NAS POPULAÇÕES

32.Valor: R$ 120.000,00	33.Total de horas: 1000	34.Início: NOV/2022	35.Término: OUT/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data:

Assinatura do Profissional



Data:

Assinatura e Carimbo do Contratante

37. LOGO DO CRBio

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 7348.7348.7348.7662

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
12224888

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO
Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO
Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: RS048595 **Profissional:** NELSON AUGUSTO FLORES MACHADO **E-mail:** nelson.machado@ufrgs.br
RNP: 2206545535 **Título:** Geólogo
Empresa: NENHUMA EMPRESA **Nr.Reg.:**

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT **E-mail:**
Endereço: MATIAS JOSE BINS 364 **Telefone:** 51-32864333 **CPF/CNPJ:** 92971845/0001-42
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro.:** TRES FIGUEIRAS **CEP:** 91330290 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Endereço da Obra/Serviço: MATIAS JOSE BINS 364 **CPF/CNPJ:**
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** TRES FIGUEIRAS **CEP:** 91330290 **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL **Vlr Contrato(R$):** 3.136.254,00 **Honorários(R$):** 168.000,00
Data Início: 04/11/2022 **Prev.Fim:** 04/11/2024 **Ent.Classe:** APSG

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Monitoramento Ambiental	Controle Ambiental - Áreas de Risco		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 04/11/2022

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
POA/07/11/2022	NELSON AUGUSTO FLORES MACHADO	André Cezar Zingano Presidente Fundação Luiz Englert
	Profissional	FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.

Serviço Público Federal

CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22139**

CONTRATADO

2.Nome: PAULO LUIZ DE OLIVEIRA		3.Registro no CRBio: 017220/03-D	
4.CPF: 123.943.860-53	5.E-mail: ploliva@yahoo.com.br		6.Tel: (51)3261-2090
7.End.: RUA PEDRO DE OLIVEIRA FRANÇA, 240		8.Compl.:	
9.Bairro: BELEM VELHO	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 91787-291

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 364		
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS / 21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site:	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Proposição de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços; Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : MONITORAMENTO DE BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS E TERRESTRES.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: DOIS BIÓLOGOS
29.Área do Conhecimento: Botânica; Ecologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : MONITORAR A COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DAS COMUNIDADES VEGETAIS CAMPESTRES, DETECTANDO POSSÍVEIS MODIFICAÇÕES RELACIONADAS À ATIVIDADE DO EMPREENDIMENTO E. DESTA FORMA, SUBSIDIAR AÇÕES DE PLANEJAMENTO, GESTÃO, CONTROLE, RECUPERAÇÃO, PRESERVAÇÃO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL.

32.Valor: R$ 144.000,00	33.Total de horas: 800	34.Início: OUT/2022	35.Término: SET/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 05/11/2022

Assinatura do Profissional

Data:

Assinatura e Carimbo do Contratante

Andre Cezar Zingano
Presidente
Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03
Conselho Regional de Biologia - 3ª Região

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / / Assinatura do Profissional

Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 7518.7518.7518.7832

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Serviço Público Federal

CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/21993**

CONTRATADO

2.Nome: ROGERIO BOTH		3.Registro no CRBio: 034219/03-D	
4.CPF: 373.759.460-00	5.E-mail: rogerboth@yahoo.com.br		6.Tel: (51)34757091
7.End.: RUA CONCÓRDIA, 98		8.Compl.:	
9.Bairro:	10.Cidade: CANOAS	11.UF: RS	12.CEP: 92120-000

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: AVENIDA OSVALDO ARANHA 99		
17.Compl.: 7 ANDAR	18.Bairro: BOM FIM	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS / 21.CEP: 90035-190	22.E-mail/Site:	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço

Atividade(s) Realizada(s) : Proposição de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços; Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : MONITORAMENTO DE BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS E TERRESTRES

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: DOIS BIÓLOGOS
29.Área do Conhecimento: Botânica; Ecologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : MONITORAR A COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DAS COMUNIDADES VEGETAIS CAMPESTRES, DETECTANDO POSSÍVEIS MODIFICAÇÕES RELACIONADAS À ATIVIDADE DO EMPREENDIMENTO E, DESTA FORMA, SUBSIDIAR AÇÕES DE PLANEJAMENTO, GESTÃO, CONTROLE, RECUPERAÇÃO, PRESERVAÇÃO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL.

32.Valor: R$ 120.000,00	33.Total de horas: 600	34.Início: OUT/2022	35.Término: SET/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 03/11/2022

Assinatura do Profissional

Documento assinado digitalmente
gov.br
ROGERIO BOTH
Data: 03/11/2022 14:37:46-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Data:

Assinatura e Carimbo do Contratante

André Cezar Zingano
Presidente
Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03
Conselho Regional de Biologia - 3ª Região

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / / Assinatura do Profissional

Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 4730.5043.5043.5357

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22064**

CONTRATADO

2.Nome: SUZANA MARIA FAGONDES DE FREITAS		3.Registro no CRBio: 028851/03-D	
4.CPF: 508.263.440-20	5.E-mail: suzana.freitas@ufrgs.br		6.Tel: (51)3337-9241
7.End.: ANITA GARIBALDI 1160		8.Compl.: 801	
9.Bairro: MONT SERRAT	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 90450-000

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT			
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42		
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 364			
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE	
20.UF: RS	21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site: fle@fle.org.br	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços;

24.Identificação : COORDENADORA/EXECUTORA DO SUBPROJETO MACROFAUNA BENTÔNICA NO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE BIOINDICADORES AMBIENTAIS, AQUÁTICOS E TERRESTRES, ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI, CANDIOTA, RIO GRANDE DO SUL.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA			26.UF: RS
27.Forma de participação: INDIVIDUAL		28.Perfil da equipe:	
29.Área do Conhecimento: Ecologia; Zoologia;		30.Campo de Atuação: Meio Ambiente	

31.Descrição sumária : AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE BIOINDICADORES DA MACROFAUNA, COLETAS SAZONAIS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA USINA PRESIDENTE MÉDICI, EM CANDIOTA.

32.Valor: R$ 144.000,00	33.Total de horas: 3360	34.Início: OUT/2022	35.Término: OUT/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data:
Assinatura do Profissional

Data:
Assinatura e Carimbo do Contratante
André Cezar Zingano
Presidente
Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /
Assinatura do Profissional

Data: / /
Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / / Assinatura do Profissional

Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 6846.7159.7159.7159

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Serviço Público Federal
Conselho Federal de Medicina Veterinária
Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado do Rio Grande do Sul
Anotação de Responsabilidade Técnica

1 - Dados do profissional

Nome do profissional	Número CRMV	Formação	email
VERONICA SCHMIDT	RS-03544-VP	Veterinário	veronica.schmidt@ufrgs.br

2 - Dados do estabelecimento

Razao social			CPF/CNPJ
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT			92971845000142
Nome fantasia			**Insc. Est.**
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT			ISENTO
Celular	**Telefone**	**CRMV**	**email**
()	(51) 32864333	RS-51938-SJ	fle@fle.org.br

3 - Endereço da contratante

Endereço
RUA MATIAS JOSÉ BINS, 364 - TRÊS FIGUEIRAS - CIDADE: PORTO ALEGRE, UF: RS CEP: 91330290

4 - Local de atuação

Local de atuação
Rua Matias José Bins,, 364 - Vila Operária - CIDADE: Candiota, UF: RS CEP: 96495970

5- Informações da ART

Ramo de atividade principal
Pública/Municipal/OUTROS

Atvidade secundária
Pública/Municipal/OUTROS

Descrição dos serviços
Será dada continuidade à pesquisa de indicadores no monitoramento ambiental da região adjacente à termoelétrica de Candiota, determinando o impacto à atividade agropecuária através da avaliação da ocorrência de patologias podais e da cavidade oral de ovinos (bioindicadores).

Data de início	Data de finalização	Carga horária semanal	Tipo de ART
01/10/2022	30/09/2023	8 h/s	CONTRATO/SERVIÇO
Data do cadastro	**Número da ART**	**Data da homologação**	**Origem**
23/11/2022	840832	24/11/2022	WEB
Renovação	**Validação**		
Não	ZJ8L.74.5JTX6.EG0		

Horários que estará no estabelecimento
[X] - Sábado (07:30 às 17:30)

Declaração de responsabilidade
Declaro que as informações acima são verdadeiras, e estão de acordo com as normas que regem o exercício de responsabilidade técnica.

Ass. Profissional

Ass. Contratante

Rua Ramiro Barcelos, 1793 , Porto Alegre-RS CEP 90035-006
Telefone: (51) 2104-0566 Data: 24/11/2022